



**Mariana Fontela
Malaquias**

**IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA *KANBAN* E
BALANCEAMENTO DE LINHAS NA INDÚSTRIA
AUTOMÓVEL**



**Mariana Fontela
Malaquias**

IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA *KANBAN* E BALANCEAMENTO DE LINHAS NA INDUSTRIA AUTOMOVEL

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira, Professor Associado c/ Agregação do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

texto Apoio financeiro do POCTI no âmbito do III Quadro Comunitário de Apoio.

(se aplicável)

texto Apoio financeiro da FCT e do FSE no âmbito do III Quadro Comunitário de Apoio.

(se aplicável)

A todos que me apoiaram nesta fase, família e amigos.

o júri

presidente

Prof. Doutor João Carlos de Oliveira Matias

professor catedrático do departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor António José Galvão Ramos

professor adjunto do departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Prof. Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira

professor associado com agregação do departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

agradecimientos

palavras-chave

Lean Manufacturing, Kaizen, Kanban, Industria Automóvel.

resumo

Hoje em dia, as empresas para sobreviverem no mundo empresarial, devem ser capazes de responder aos pedidos do cliente, apesar da sua constante variação. Flexibilidade e rapidez na resposta são fatores fulcrais para obtenção de vantagem competitiva, para além da garantia de produtos correspondentes às especificações do cliente.

A presente dissertação descreve o projeto realizado numa indústria de assentos de automóveis no departamento encarre da Melhoria Continua. O objetivo do trabalho engloba a identificação da importância das metodologias *Lean Manufacturing* no ambiente fabril, para a otimização dos processos produtivos e obtenção de flexibilidade à resposta do cliente. No seguimento destas metas, o projeto estará focado na implementação das ferramentas *Kaizen* e *Kanban*, por vias a analisar os benefícios da sua utilização neste tipo de indústria.

keywords

Lean Manufacturing, Kaizen, Kanban, Automotive Industry.

abstract

Nowadays, companies to survive in the business world, must be capable to respond to the customer requests despite their variation. Flexibility, quickness of response and having products corresponding to customer specifications, are key factors to obtain competitive advantage.

This paper describes one project that took place in car seat industry in the continuous improvement department. The goal of this work is to identify the importance of Lean Manufacturing methodologies in the manufacturing environment in order to optimize the production process and obtain flexibility to meet customer requirements.

Keeping in mind these goals, the project will focus on the implementation of Kaizen and Kanban tools in order to analyze its benefits in this type of industry.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento do tema.....	1
1.2. Definição de Objetivos a Atingir	2
1.3. Metodologia	3
1.4. Estrutura do Trabalho	4
2. Revisão Bibliográfica	7
2.1. Lean Thinking	7
2.1.1. História do Lean Thinking.....	7
2.1.2. Conceito do Lean Thinking.....	8
2.1.3. Fontes de Desperdício.....	9
2.1.4. Princípios Lean	13
2.1.5. Ferramentas Lean	15
2.1.5.1. Kaizen	15
2.1.5.2. Metodologia 5S.....	17
2.1.5.3. SMED – Troca Rápida de Ferramenta.....	18
2.1.5.4. Sistema Poka-Yoke.....	19
2.1.5.5. Trabalho Standard	20
2.1.6. Métricas Lean.....	20
2.2. Pull System.....	22
2.2.1. Kanban.....	23
2.2.2. Regras para Aplicação	27
2.2.3. Métricas da Ferramenta Kanban	28
2.2.3.1. Tamanho do Contentor	28
2.2.3.2. Número de Kanban	28
2.2.4. Vantagens e Benefícios	28
2.3. Balanceamento de Linhas.....	30
2.3.1. Tipos de Balanceamento	31
2.3.2. Indicadores de Balanceamento	32
3. Caso de Estudo – Implementação do Sistema Kanban e Balanceamento de Linhas na Indústria Automóvel.....	35
3.1. Apresentação da Empresa.....	35
3.1.1. Introdução ao Projeto	37
3.2. Implementação do Sistema Kanban	40
3.2.1. Introdução ao Sistema	40
3.2.2. Metodologia Adotada.....	42

3.2.3.	Apresentação de Resultados.....	48
3.3.	Balanceamento de Linhas.....	56
3.3.1.	Apresentação do Sistema Atual.....	56
3.3.2.	Métodos Aplicados	68
3.3.3.	Resultados Finais	76
4.	Conclusão Final	81
5.	Referências	83
6.	Anexos	87
I.	Tempos do Sistema Atual – Montagem.....	87
II.	Tempos do Sistema Atual – Soldadura	94
III.	Tempos da Montagem Após a 1ª Iteração	96
IV.	Tempos da Montagem após a 2ª Iteração	102
V.	Tempos da Soldadura após a 1ª Iteração	108

Índice de Figuras

FIGURA 1 - EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO (ADAPTADO: RODRIGUES (2014))	8
FIGURA 2 - OS 5 PRINCÍPIOS LEAN (ADAPTADO: COMUNIDADE LEAN THINKING, 2008)	13
FIGURA 3 - CICLO PDCA	17
FIGURA 4 - TEMPO DE SETUP (ADAPTADO DE: SEBROSA (2008)).....	19
FIGURA 5 - ESQUEMATIZAÇÃO DE UM SISTEMA KANBAN.....	24
FIGURA 6 - EXEMPLO DE CARTA KANBAN DE PRODUÇÃO (PIK)	25
FIGURA 7 - HEIJUNKA BOX	26
FIGURA 8 - TIPOS DE BALANCEAMENTO	32
FIGURA 9 - GRÁFICO YAMAZUMI	34
FIGURA 10 - CLIENTES DA EMPRESA	36
FIGURA 11 - ESQUEMATIZAÇÃO DOS PROCESSOS E FLUXO PRODUTIVO	39
FIGURA 12 - ESQUEMATIZAÇÃO DE UM SISTEMA KANBAN: FINAL DE PROCESSO	40
FIGURA 13 - ESQUEMATIZAÇÃO DE UM SISTEMA KANBAN: PROCESSO INTERMÉDIO	40
FIGURA 14 - ESQUEMATIZAÇÃO DO CICLO KANBAN NUM PROCESSO DE FINAL DE FLUXO.....	43
FIGURA 15 - ESQUEMATIZAÇÃO DO CICLO KANBAN NO PROCESSO INTERMÉDIO DE FLUXO	46
FIGURA 16 - LAYOUT DA MONTAGEM	49
FIGURA 17 - LAYOUT DA SOLDADURA.....	52
FIGURA 18 - FLUXO PRODUTIVO (PRETO) E FLUXO DE ABASTECIMENTOS (VERDE) NA MONTAGEM	58
FIGURA 19 - POSTO D61.2.....	61
FIGURA 20 - ABASTECIMENTO DAS COQUILHAS EM D61.3	61
FIGURA 21 - LOCAL DE ABASTECIMENTO DAS ESTRUTURAS SOLDADAS NA MONTAGEM, VINDAS DA SOLDADURA	61
FIGURA 22 - CARRO DE TRANSPORTE DAS COQUILHAS DE D62 PARA D61.3 (LADO TRASEIRO DA LINHA)	61
FIGURA 23 - GRÁFICO DE TEMPOS DA SITUAÇÃO INICIAL DA MONTAGEM'	63
FIGURA 24 - FLUXO PRODUTIVO (PRETO) E FLUXO DE ABASTECIMENTOS (VERDE) NA SOLDADURA	64
FIGURA 25 - SUPORTE PARA COQUILHAS (DIREITA) E PARA O ROLO DE FEUTRINE (ESQUERDA) NO POSTO D62	69
FIGURA 26 - ROLO DE FEUTRINE.....	69
FIGURA 27 - ABASTECIMENTO DOS COMPONENTES À LINHA (LADO DIANTEIRO DA LINHA D61)	69
FIGURA 28 - SUPORTES PARA CAIXAS DE COMPONENTES (LATERAL AOS POSTOS DE TRABALHO DA LINHA D61)	69
FIGURA 29 - MESA UTILIZADA PELO WATERSPIDER PARA REABASTECER AS CAIXAS DE COMPONENTES.....	70
FIGURA 30 - GRÁFICO DE TEMPOS DA 1ª ITERAÇÃO DA MONTAGEM	70
FIGURA 31 - GRÁFICO DE TEMPOS DA 2ª ITERAÇÃO DA MONTAGEM	72
FIGURA 32 - SUPORTE DO EXPANDING	74

FIGURA 33 - IMPRESSORA NO NOVO LOCAL	74
FIGURA 34 - GRÁFICO DE TEMPOS DA 1ª ITERAÇÃO DA SOLDADURA	75

Índice de Tabelas

TABELA 1 - DADOS GERAIS SOBRE AS LINHAS DO PROJETO.....	48
TABELA 2 - NECESSIDADES DIÁRIAS NA MONTAGEM.....	49
TABELA 3 - NECESSIDADES DIÁRIAS NA SOLDADURA	49
TABELA 4 - DADOS GERAIS SOBRE A MONTAGEM.....	50
TABELA 5 - RESULTADOS DO TEMPO DE REAÇÃO E NÚMERO DE KANBAN NECESSÁRIO	51
TABELA 6 - DADOS GERAIS DA LINHA E DO BATCH BUILDING BOX NA SOLDADURA	53
TABELA 7 - RESULTADOS OBTIDOS DO TEMPO DE REAÇÃO PARA SOLDADURA.....	54
TABELA 8 - RESULTADOS OBTIDOS PARA O NÚMERO DE KANBAN NECESSÁRIOS PARA SOLDADURA	55
TABELA 9 - TAREFAS E RESPECTIVOS TEMPOS DO POSTO D61.3 DA MONTAGEM (EM DESTAQUE O MÍNIMO, MÉDIA E MÁXIMO)..	56
TABELA 10- RESUMO DOS TEMPOS DA SITUAÇÃO INICIAL DA MONTAGEM	62
TABELA 11 - PERCENTAGEM DA VARIABILIDADE DOS POSTOS DE TRABALHO DA MONTAGEM	62
TABELA 12 - RESUMO DOS TEMPOS DA SITUAÇÃO INICIAL DA SOLDADURA.....	65
TABELA 13 - GRÁFICO DE TEMPOS DA SITUAÇÃO INICIAL DA SOLDADURA.....	66
TABELA 14 - RESUMO DOS TEMPOS DA 1ª ITERAÇÃO DA MONTAGEM	70
TABELA 15 - RESUMO DOS TEMPOS DA 2ª ITERAÇÃO DA MONTAGEM	72
TABELA 16 - RESUMO DOS TEMPOS DA 1ª ITERAÇÃO DA SOLDADURA	74

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA

Atualmente estamos enquadrados num mercado em constata globalização e crescente competitividade entre as organizações. Para enfrentar essas dificuldades é necessário que as indústrias sejam flexíveis, estando preparadas para alterações imprevisíveis e variações da procura, garantindo um elevado grau de qualidade, devido ao aumento da exigência por parte dos clientes.

O sector automóvel é uma indústria com um papel chave, uma vez que o automóvel é um elemento fundamental na sociedade moderna, sendo a escolha mais conveniente para mobilidade de pessoas e bens. Esta indústria caracteriza-se pela redistribuição de responsabilidade ao longo da cadeia de valor, ou seja, os seus processos - a produção dos componentes e a montagem final, encontram-se separados ao longo de uma cadeia distribuída a nível global. Esta abrangência global é uma das principais características deste sector.

O sector automóvel é um mercado de grande dimensão, sendo visível a nível mundial, no ano de 2015 a produção de automóveis atingiu os 91.5 milhões de unidades (fonte: ACEA). Para estes valores, contribuíram como maiores produtores a China, Europa e América do Norte, representando cerca de 70% da produção mundial, sendo responsável, respetivamente por 27%, 23% e 20% da produção.

Esta indústria encontra-se em constante crescimento, sendo que, de 2014 para 2015, existiu um aumento de 3.8% na produção de automóveis na Europa (20.643 mil unidades para 21.428 mil unidades).

Sendo um sector bastante competitivo, apostar na diferenciação e na inovação dos automóveis e seus componentes torna-se fulcral para ganho de vantagem competitiva. Dados de 2014 indicam que a nível mundial foi investido cerca de 44.7 biliões de euros apenas em inovação neste sector e no sector de componentes de automóveis.

Segundo dados da AFIA – Associação de Fabricantes para Indústria Automóvel, a indústria de componentes para automóveis engloba cerca de 200 empresas em Portugal, as quais empregam cerca de 45.100 trabalhadores. Segundo dados do PortugalGLOBAL, a indústria automóvel tem “um forte contributo no emprego e no PIB português”. Em 2015, obtiveram em valor de 8,4 mil milhões de euros, que representam 5% do PIB nacional. Este volume de vendas é constituído por atividades de Metalurgia e Metalomecânica (32%), Elétrico e Eletrónica (24%),

Plásticos, Borracha e outros Compósitos (19%), Têxteis e outros Revestimentos (11%) e, por fim, Montagem de Sistemas (7%).

As exportações feitas para Espanha, Alemanha, França e Reino Unido, ascendem a cerca de 7 mil milhões de euros de produção e representam um aumento de 23%, quando comparando com o valor de exportações feitas em 2010, situação que comprova a importância deste mercado a nível nacional.

Dado a posição competitiva dentro do sector de componentes de automóveis, o interesse de investimento tem aumentado, expandindo os projetos existentes e apostando em novas localizações dentro do nosso país.

As indústrias que representam a maior percentagem de exportações encontram-se no norte do país, essencialmente nos distritos de Aveiro, Porto e Braga, esta situação deriva de um menor custo de implantação, da localização e a proximidade dos fornecedores, bem como da abundância de mão-de-obra. Estrategicamente, optam por estas regiões devido à proximidade com produtores de automóveis, como é o caso a Renault e PSA.

Para além da crise vivida nos últimos anos, o mercado automóvel encontra-se sujeito, não só à prática de baixos custos e preços, mas também à obrigatoriedade de manter a qualidade dos produtos à exigência dos consumidores. Uma vez, que neste sector a cadeia de valor se encontra distribuída a nível global, é necessário que as empresas subcontratadas também cumpram estes requisitos.

Para ultrapassar estas dificuldades, a indústria teve por base a aplicação de conceitos como a melhoria continua, nos seus processos de fabrico e logísticos. Este processo baseia-se na obtenção de melhores resultados num sistema incremental, procurando a máxima qualidade dos produtos, sem que exista um aumento dos custos operacionais e sem que ocorra uma desvalorização na cadeia de valor. Representa a eliminação de desperdícios, operações ou processos que não criem qualquer valor ao produto. É neste contexto que, em meados dos anos 70, surgiu o conceito Lean, uma ferramenta que suporta a obtenção de melhores resultados, uma vez promove a eliminação de desperdícios no sistema aplicado.

1.2. DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS A ATINGIR

Ao integrar este projeto, pretende-se compreender o processo produtivo em espaço fabril, bem como a experiência numa indústria conceituada no mercado dos componentes automóveis.

Desta forma, procura-se, atingir uma maior produtividade, através da implementação de metodologias *Lean*, tornando o sistema mais simples, fluido e otimizado, capaz de responder às flutuações existentes na procura.

Consequentemente, com a obtenção de flexibilidade do sistema, a empresa estará apta a concorrer contra outros grandes competidores neste tipo de indústria, oferecendo aos seus clientes produtos com um valor acrescentado.

1.3. METODOLOGIA

Durante os primeiros meses, irão ser analisadas metodologias utilizadas atualmente nas linhas de produção já existentes.

Simultaneamente, planeou-se interiorizar melhor o projeto em qual nos enquadramos, analisando os volumes finais previstos, os componentes necessários e os processos a que eles estão sujeitos para se tornarem no produto final pretendido.

Neste âmbito, é possível ponderar e decidir a melhor maneira de *layout*, o abastecimento físico nas linhas de produção e os tempos de logística (entrega e recolha de materiais e subconjuntos/produtos).

Quando se verificar o início de uma pré-produção nos postos de trabalho, estão previstas variadas cronometragens de tempos nos processos de maneira a uma melhoria através de balanceamento das linhas.

Posteriormente, existe o objetivo implementar um sistema *Pull System*, para assim, normalização das novas linhas à restante metodologia da organização, fazendo uma distribuição de cartas *Kanban* ao longo dos vários processos do sistema.

Após este processo e o arranque de produção das linhas, pretende-se identificar potenciais melhorias, e aplicar metodologias *Lean* (*5S*, *Hoshin*, etc..) para a sua melhoria.

Perspectiva-se assim, a meio do estágio, que será possível ter resultados suficientes sobre as alterações realizadas nos meses anteriores, de maneira a analisar o seu grau de sucesso. Será ainda possível estimar os ganhos de produção e eficiência obtidos.

Para finalizar, será efetuado um acompanhamento contínuo do projeto, controlando sistematicamente a qualidade do produto, procurando oportunidades para alterações que proporcionem maior eficiência e, consequentemente, menor sucata, com o intuito sempre de atingir os volumes inicialmente previstos.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho será dividido em duas componentes: a componente Teórica e Prática.

Inicializando este relatório com a componente Teórica (Capítulo 2.), esta será composta por uma pesquisa com o intuito de suportar a componente prática, e serão abordados nesta secção os conceitos *Lean Thinking*, *Pull System* e Balanceamento de Linhas.

Deste modo pretende-se entender estas filosofias/métodos, analisando o porquê da sua utilização na indústria e em que princípios se baseiam.

O capítulo sobre o *Lean Thinking* será dividido na sua criação e evolução, no seu conceito, princípios e ferramentas utilizadas (como *Kaizen*, Metodologia 5S, Mudança de Ferramenta - SMED, Sistema *Poka-Yoka* e Trabalho *Standard*) e, por fim, serão exemplificadas algumas componentes quantitativas de forma a avaliar e analisar o estado actual do sistema.

No seguinte capítulo, *Pull System*, será abordado o tema e a explicação dos diferentes tipos de sistemas *pull* existentes e, por sua vez, será referenciada a ferramenta mais eficaz e mais utilizada neste tipo de produção, o *Kanban*. De seguida, serão analisadas as metodologias e as regras para a sua utilização, referindo as ferramentas que o poderão auxiliar.

Na última componente deste capítulo teórico, é abordado o tema Balanceamento de Linhas, onde serão abordados os conceitos e os diferentes tipos de linhas de produção. Por sua vez, serão ainda analisadas as várias formas para o balanceamento, aprofundando as possíveis maneiras para atingir uma maior eficiência na linha produtiva, bem como a aplicação de processos sistemáticos de melhoria continua.

Depois da fundamentação teórica passaremos à aplicação prática dos conceitos analisados anteriormente, inicializando assim a componente prática (Capítulo 3.). Neste capítulo será dividido em três partes: a Apresentação da Empresa, Implementação do Sistema *Kanban* e o Balanceamento de Linhas.

Neste enquadramento, na primeira parte será apresentado o projeto e o seu fluxo, explicando cada passo do mesmo e, de seguida, os cálculos necessários para a implementação do sistema *Kanban*.

Depois, passaremos para a componente do Balanceamento de Linhas, que será iniciado com a apresentação da situação atual das linhas em análise, dos problemas encontrados e a consequente aplicação de melhorias.

Após a concretização destas melhorias será feito o cálculo dos ganhos obtidos, de maneira a verificar o sucesso deste balanceamento.

Finalmente, após a implementação destas duas componentes, será feita a conclusão final (Capítulo 4.) do projeto, analisando as alterações feitas bem como os ganhos obtidos para a organização.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, será abordado a componente teórica, iniciando a análise pela filosofia base do projeto, *Lean Thinking*, contemplando uma introdução sobre as origens deste pensamento e do seu conceito. De seguida, serão expostos os princípios onde se apoia esta filosofia e as ferramentas capazes de auxiliar este processo; por fim, serão examinadas as métricas para quantificar o processo nesta perspetiva.

Posteriormente, é apresentada a teoria sobre o sistema de produção existente na empresa, *Pull System*; será feita uma introdução sobre o que se trata este tipo de produção, os diferentes tipos e a ferramenta utilizada para auxiliar, *Kanban*, bem como as regras para a sua implementação e benefícios obtidos da mesma. Por fim, serão apresentados os conceitos de Balanceamento de Linhas e os diferentes tipos existentes; por último, após as ações implementadas, alguns indicadores para avaliar as alterações ocorrentes na linha.

2.1. *LEAN THINKING*

2.1.1. HISTÓRIA DO *LEAN THINKING*

Desde o início do século 20 até à década de 90, predominava na indústria o sistema de produção em massa desenvolvido por Frederick Taylor e Henry Ford. Segundo Womack et al. (2007), este sistema de produção baseia-se no uso intensivo de máquinas em comparação ao número de mão-de-obra. Não necessitava de mão-de-obra qualificada, preocupava-se apenas na intensa produção assistida maioritariamente por máquinas, o que levava à produção de grandes volumes de produtos padronizados. Tinha como objetivo a redução dos custos unitários dos produtos, através da produção a larga escala. No entanto, uma mudança para um novo produto implicaria um grande investimento.

A principal dificuldade encontrada foi a adaptação ao mercado, na qual existia uma procura de grande diversidade de produtos e, simultaneamente, uma elevada escassez de recursos, provocada pela Segunda Guerra Mundial, esta situação levou Ford a abandonar a filosofia adotada anteriormente (Womack, Jones, & Roos, 1990).

A Toyota *Production System* foi criada em 1984, através da parceria entre a Toyota e a General Motors (GM), tendo sido desenvolvido o seu próprio sistema designado “*Global*

Manufacturing System”, como alternativa à produção em massa; este sistema teve como principais impulsionadores Eiji Toyoda, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo. Foi a partir desta parceria que se desenvolveu o conceito hoje conhecido por *Lean Thinking*.

A Toyota *Motor Company*, fábrica de automóveis Japonesa, adotou este sistema que se baseava na produção de pequenas quantidades de uma grande variedade de produtos. Esta filosofia passou a focar-se na satisfação e personalização do produto às necessidades do cliente, ao contrário do que sucedia na produção em massa, que era incapaz de responder rapidamente às constantes mudanças da procura; a qualidade do produto não era uma prioridade, apesar de apresentar custos unitários mais baixos.

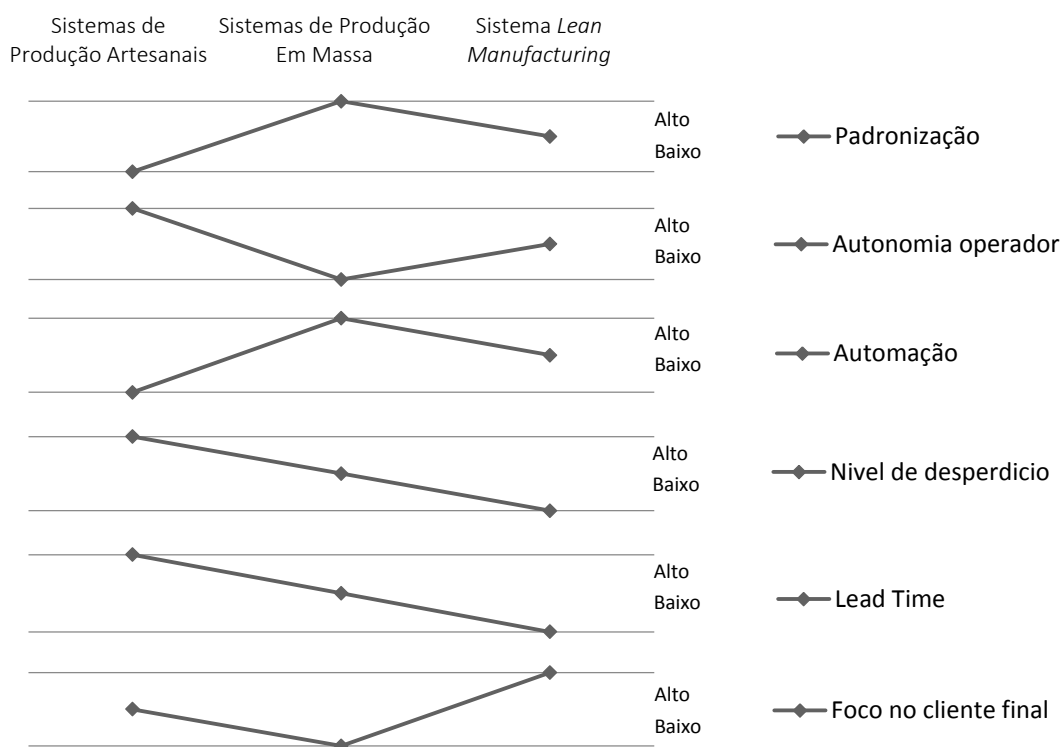


Figura 1 - Evolução dos Sistemas de Produção (adaptado: Rodrigues (2014))

2.1.2. CONCEITO DO *LEAN THINKING*

O conceito *Lean Thinking*, considerado um aperfeiçoamento do conceito tradicional de Toyota *Production System*, tem como filosofia produzir cada vez mais com cada vez menos (Womack e Jones, 2003). O objectivo desta metodologia passa por alcançar a perfeição, de forma organizada, sincronizada, simplificada, racional e, principalmente, sem desperdícios. Apresenta características como a redução de custos, produtos com zero defeitos, eliminação de *stock* em curso e uma variedade elevada de produtos disponíveis.

Segundo Citeve (2012), o *Lean Thinking* é definido como uma organização que envolve varias equipas autónomas e responsáveis por diferentes áreas de trabalho. É necessário que exista colaboração de todas as partes da empresa, desde a proximidade com o cliente, bem como uma boa relação com os fornecedores. Este conjunto irá trabalhar como uma “equipa” com um mesmo propósito; resolver os problemas em sintonia com o intuito de criação de valor, visando uma melhoria contínua da organização.

Segundo a definição de Kerper (2006), *Lean Thinking* é uma abordagem sistemática que identifica e elimina o desperdício (atividades que não acrescentam valor) através da melhoria contínua, focando-se em atingir a perfeição do produto pretendido pelo cliente.

A utilização do termo “*Lean*” (magro) é justificado pela redução de recursos utilizados, isto é, pretende-se diminuir o desgaste provocado nos operadores de uma fábrica, a utilização do espaço fabril, o investimento em ferramentas, o tempo de desenvolvimento de um novo produto e o capital necessário a estes mesmos produtos (Poppendieck, 2011; Womack & Jones, 2003). Com a troca de metodologias, pretende-se aumentar o valor para o cliente, pois a organização será capaz de oferecer uma maior variedade de produtos e uma maior qualidade, levando sempre em linha de conta o cliente deseja e, se possível, até exceder as suas expectativas em relação a um determinado produto ou serviço.

Atingir a perfeição será alcançar a qualidade perfeita, maximizar os recursos, zero stocks e, acima de tudo, eliminar todas as fontes de desperdício. Gradualmente, esta metodologia tem sido aplicada em todos os sectores das empresas e começou a expandir-se em sectores para além da indústria automóvel.

De forma genérica, podem referir-se como resultados mais comuns: o aumento da capacidade de oferta dos produtos que foram encomendados pelos clientes, na data prevista, com menores custos, qualidade superior, reduzindo os tempos de “*lead time*”, o que ajuda a garantir um futuro promissor para o negócio.

2.1.3. FONTES DE DESPERDÍCIO

Segundo Womack e Jones (2003), a filosofia *Lean* funciona como um antídoto para o desperdício. Por desperdício entende-se qualquer atividade ou recurso que não acrescente valor ao produto final ou que contribui para o aumento de custos, de tempo e da não satisfação do cliente ou de qualquer membro da organização.

Desperdício significa “tudo para além da qualidade mínima de equipamentos, materiais, componentes, espaço e tempo dos trabalhadores, necessária para acrescentar valor ao produto”, segundo Shoichiro Toyoda, presidente da Toyota. Define-se como um processo gradual de eliminação de desperdícios, com o intuito de otimizar os resultados através de procedimentos simples baseados nos princípios do Toyota *Production System*.

Por exemplo, um dos maiores problemas encontrado por Taiichi Ohno nas indústrias foi o excesso de produção, o que originava um elevado número de *stock* em armazém, parado. Para contornar este problema procurou encontrar uma forma de produzir apenas o que era encomendado pelo cliente, quer no que concerne ao produto bem como nas quantidades solicitadas pelo mesmo. (Courtois, Pillet, & Chantal, 2007).

A melhor forma para a eliminação de desperdícios e de minorar o inerente custo será a implementação de uma filosofia *Lean* na organização. Estes desperdícios representam custos acrescidos para as empresas, e geralmente, apenas 20% retratam operações que irão acrescentar valor ao cliente.

Podemos subdividir em dois tipos: evitáveis e inevitáveis. O desperdício evitável, ou desperdício puro, é aquele que as organizações têm o dever de eliminar por completo. Podemos considerar todas as atividades como paragens, avarias, deslocações ou mesmo reuniões onde nada é decidido, ou seja, todas as atividades dispensáveis dentro da organização.

Relativamente ao desperdício inevitável, que por sua vez, a organização tem o dever de o reduzir. Pode representar atividades que, apesar de não acrescentarem valor ao cliente, têm de ser realizadas. É o caso da inspeção das matérias-primas, que poderá ser reduzida se a escolha do fornecedor for baseada numa pesquisa prévia, com o objetivo de escolher o fornecedor mais confiável.

Para além desta distinção, identificaram sete categorias de desperdícios, podendo ser classificados em:

- ✓ **Excesso de produção** – ocorre quando se continua a produzir mesmo depois de satisfeita a ordem de fabrico. Produzir mais do que é necessário, quando não é necessário, em quantidades desnecessárias leva ao excesso de *stock* no sistema e origina outros problemas; por norma, oculta a verdadeira causa do problema. Consomem-se matérias-primas desnecessárias e será necessário antecipar a compra de componentes e, conseqüentemente, necessidade de mais investimentos por parte da gestão. Será ocupado espaço de armazenamento, o que leva a operações desnecessárias. Uma vez que existe a



necessidade de mais meios, a flexibilidade no planeamento diminui. Resumindo, gastam-se recursos que irão ficar parados em armazém e não terão o retorno financeiro esperado.



- ✓ **Operações e Processos Desnecessários** – são as operações que não são realmente necessárias. Este desperdício surge normalmente quando se utilizam técnicas inapropriadas, máquinas de dimensão elevada, desempenhar operações que não são requeridas no pedido do cliente. Todas estas operações têm custos associados, no entanto não criam valor ao produto final, sendo algo dispensável à vista do cliente.



- ✓ **Tempo de Espera** – corresponde à soma dos tempos de inatividade dos operadores, ou seja, o conjunto de todos os tempos em que a pessoa ou o equipamento se encontra à espera de algo e não é acrescentado qualquer valor ao produto final. Segundo Pinto (2009) poderá ser o caso da falta ou atrasos de materiais por parte dos fornecedores, problemas nos fluxos logísticos, o que provoca um atraso na entrega do material ao posto de trabalho, obstruções nos fluxos ou até balanceamento incorreto de processos. Para a eliminação de tempos mortos, poderá ser opção o balanceamento de processos consoante a procura, a utilização da rápida mudança de ferramenta (SMED) ou um layout mais eficaz, que permita que certas operações sejam efetuadas de maneira mais rápida.



- ✓ **Transportes** – corresponde à ligação entre as operações que acrescentam valor. Eliminar este tipo de desperdício é inexecutável visto que sem ela a interação entre as operações torna-se nula. Por outro lado, as deslocações excessivas tendem a danificar o material ou produto e torna-se um gasto de energia e esforço desnecessário. O objetivo é a sua otimização, analisando os fluxos dos transportes de maneira a reduzir o tempo, esforço e custos inerentes a esta operação. Apostar em transportes mais pequenos e mais flexíveis seria a melhor opção.



- ✓ **Movimentos Desnecessários** – são todos e qualquer tipo de movimentos que não desenvolvem qualquer trabalho no processo do produto. Segundo Meyers (2002), as questões ergonómicas são algo a prestar atenção na criação do layout de um posto de trabalho. Detalhes como a altura da mesa, altura dos abastecimentos, iluminação e espaço disponível são cruciais para o bom

funcionamento do posto. O desempenho do trabalhador depende da adequação do espaço de trabalho às suas condições físicas. O desrespeito pela ergonomia é capaz de causar maus desempenhos e eficiências menores e potencia lesões no operador. É necessário que os postos de trabalho permitam ao operador acesso fácil e rápido a todas as ferramentas necessárias, bem como a todo o material necessário à concretização da operação.



- ✓ **Excesso de Stock** – representa o material não ativo no fluxo e que não acrescenta qualquer valor na cadeia. Naturalmente, devido ao excesso, irão existir gastos dispensáveis, como ocupação de espaço, custos de transporte e armazenamento, deterioração e risco de inutilização. Stocks encomendados em excesso servem, muitas vezes, para ocultar problemas ou falhas na cadeia de valor. Algumas das causas deste fenómeno poderão ser atribuídas à existência de *lead time* elevando, capacidade de resposta em falta, defeitos e atrasos na entrega ao cliente. Para a sua redução, o sistema deverá focar-se na produção em *Pull System*, de maneira a planear a quantidade de stock no sistema através das quantidades encomendadas pelo cliente.



- ✓ **Defeitos** – representam produtos que necessitam de retrabalho ou são simplesmente considerados sucata. Todos os recursos utilizados, como material ou humano, não acrescentaram qualquer valor no produto, o que levou a um investimento inútil, sem qualquer retorno. Adicionalmente, há desperdícios relacionados com a espera do posto seguinte, acrescentando um maior custo de *lead time* ao produto. Artigos defeituosos são capazes de originar reclamações do cliente, reparações e inspeções. Assim sendo, é importante que o operador seja capaz de seguir o padrão normalizado das operações e consiga, visualmente através do autocontrolo, identificar os defeitos antes de reencaminhar para o posto seguinte.

Adicionalmente, existem fontes que acrescentam um oitavo desperdício, relacionado com a não utilização do potencial humano, isto é, o operador é quem trabalha diariamente com os equipamentos conseguindo, assim, ter uma melhor perceção das dificuldades e problemas no seu posto de trabalho, sendo essencial apostar nestas pessoas.

Proporcionar a possibilidade de formação e incentivar a participação e o compromisso de todos os trabalhadores promove o ganho de eficiência e a eliminação de defeitos

Concluindo, Ohno (1988) afirma que é necessário analisar o tempo do fluxo do produto, desde que a ordem de fabrico é efetuada (a encomenda é feita), até ao momento em que o produto (ou serviço) é entregue (ou prestado), de maneira a reduzi-lo através da eliminação por completo do desperdício no sistema. A filosofia *Lean Thinking* torna-se, portanto, uma peça decisiva na incorporação de valor na cadeia e na otimização da mesma. Fornece uma metodologia de melhoria continua, de forma simples e gradual. Especifica a cadeia de valor, identifica e possibilita a eliminação de desperdícios e opta por um sistema de produção puxado pelo cliente, ou seja, a produção é feita baseando-se nas encomendas do cliente (Womak e Jones, 2003).

2.1.4. PRINCÍPIOS *LEAN*

Atingir a perfeição pretendida requer que toda a estrutura da organização seja aperfeiçoada, maximizando e criando valor ao longo de todo o processo produtivo, baseando-se nas necessidades do cliente e na melhoria continua. A filosofia Lean apoia-se em cinco princípios fundamentais, que, Womack e Jones (1996), dispuseram numa sequência, que serve como guia para a implementação desta metodologia nas organizações, como podemos observar na Figura 2.

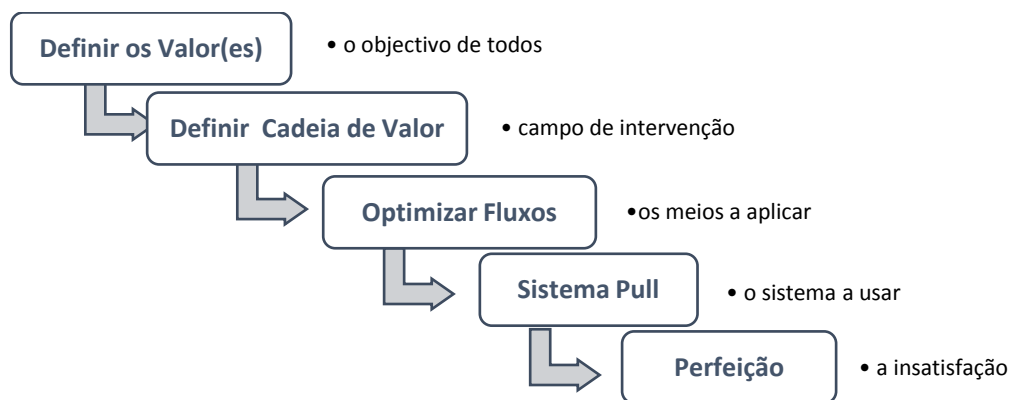


Figura 2 - Os 5 Princípios *Lean* (adaptado: Comunidade *Lean Thinking*, 2008)

- ✓ **Valor** – corresponde ao ponto de inicialização para a implementação *Lean* e aborda a identificação do que se pretende ou necessita, isto é, os aspetos para satisfazer as necessidades do consumidor.

Ao contrário do que se pensa, não é a empresa que identifica o valor, mas sim o próprio cliente. Assim, a organização deve ser capaz de satisfazer as suas necessidades e arranjar soluções viáveis para a resolução dos seus problemas.

Entregar um produto com qualidade, ao custo mais baixo, nas quantidades e datas desejadas tem o mesmo significado que entregar valor ao cliente.

- ✓ **Cadeia de Valor** – representa todo o processo de fabrico do produto, desde a encomenda efetuada pelo cliente, até à sua entrega. Engloba tarefas desde a execução do conceito de desenho e engenharia, passando pela ordem de fabrico, gestão de informação, no caso da receção de encomendas, logística e planeamento e, por fim, a transformação física da matéria-prima para o produto acabado.

- ✓ **Fluxo** – após a identificação das etapas que criam valor, da análise da cadeia de valor e da eliminação das etapas desnecessárias, é preciso determinar um alinhamento das tarefas, um fluxo contínuo, para fazer fluir o valor sem interrupções.

A melhor alternativa é a produção por lotes, visto que trabalhar o mesmo lote desde a matéria-prima até ao produto acabado promove a uma maior eficiência e precisão.

Com o desenvolvimento de um fluxo contínuo, o sistema ganha flexibilidade. Existe uma redução dos *leads time*, *stock* intermédio e troca de ferramenta rápida e, consequentemente, uma maior flexibilidade na resposta às necessidades dos clientes.

- ✓ **Pull System** – apenas é produzido algo quando são dadas, pelo cliente final, instruções de fabrico, ou seja, permitir que seja o cliente a “puxar” o valor da organização. Permite acabar com as flutuações da previsão de vendas, o que irá reduzir a quantidade de *stock* no sistema e terminar com desperdícios na cadeia. Na continuação deste trabalho irá existir uma abordagem mais aprofundada deste conceito.

- ✓ **Perfeição** – consiste na insatisfação constante com os níveis de desempenho. Depois de entender o que realmente cria valor, proceder à cadeia de valor e desenvolver um fluxo, todos os envolvidos chegam à conclusão que a possibilidade de melhorar o processo nunca deixa de existir.

A redução de tempos, custos, esforços e erros para atingir as expectativas do cliente é um processo gradual e sem fim: a perfeição é uma meta inatingível. Segundo Womack e Jones (1996) afirmam, «é óbvio, nenhum *lean producer* jamais alcançou essa “Terra Prometida” – e talvez nenhum jamais o fará, mas a busca interminável pela perfeição continua a gerar reviravoltas surpreendentes.»

Os cinco princípios apresentados anteriormente, interagem entre si formando um ciclo contínuo. Ter o valor a começar a fluir mais rápido proporciona à identificação de desperdícios

escondidos na cadeia. Quando mais se “puxa”, mais se revelam os impasses do fluxo para que estes possam ser resolvidos.

Outros autores apresentam algumas lacunas a estes cinco princípios. Pinto (2009) propôs a adoção de mais dois princípios, sendo:

- ✓ **Conhecer os *Stakeholders*** – é importante conhecer e compreender todas as partes integrantes da organização, uma vez que, para o fabrico e criação do produto, não interessa somente a satisfação do cliente, mas também os interesses e necessidades das restantes pessoas do processo.
- ✓ **Inovar constantemente** – devem ser desenvolvidas ações no sentido da criação de novos produtos, serviços e fundamentos. A criação de valor também é concebida através da inovação. As organizações não se podem dar ao luxo de apenas serem eficientes na produção de certo produto, se este já se encontra ultrapassado e sem qualquer interesse para o cliente.

2.1.5. FERRAMENTAS *LEAN*

As organizações procuram a eliminação de desperdícios, redução de custos e aumento da margem de lucro para ganhar vantagem competitiva no mercado.

As ferramentas *Lean Thinking* contribuem para esses objetivos, sendo aplicadas estas ferramentas aos processos individualmente; logo, fará com que ocorram ganhos numa visão global da fábrica.

2.1.5.1. *KAIZEN*

O termo japonês *Kaizen* (Kai = mudar; Zen = bem) surgiu nos anos 50 e representa uma cultura de melhoria contínua. Segundo IMAI (1994), a essência do *Kaizen* é muito precisa e simples: “*Kaizen* significa melhoria”. Esta metodologia deve comporta-se como filosofia de vida, não se aplicando apenas à indústria, deve ser utilizada tanto no trabalho, sociedade ou em casa.

Apostar no método *Kaizen* é promover o rumo à perfeição, ou seja, qualquer melhoria, mesmo pouco significativo, é um passo mais próximo desta meta. A redução de custos, aumento da qualidade dos produtos ou serviços e o aumento da satisfação do cliente e restantes *stakeholders* são ocorrências que visam a melhoria do processo. Esta melhoria baseia-se nas pequenas melhorias, que interativamente vão otimizando a cadeia de forma cíclica (Pinto, 2009). No entanto, Oakland apud Chiaventato (2003) afirma que este procedimento de melhoria contínua

deve envolver todos os empregados da organização, de maneira a que, em cada dia, serem capazes de promover pequenas melhorias. Assim, IMAI (1997) confessa que, recorrendo à experiência e criatividade de todos os colaboradores, é facilitada a identificação e eliminação de desperdícios, permitindo o uso de soluções a baixos custos, para assim, melhorar as práticas do processo de trabalho.

O ganho de conectividade pelas empresas japonesas deve-se à aplicação desta ferramenta. Devido ao seu grande sucesso, como melhoria da eficácia, do desempenho e da qualidade das organizações, *Kaizen* ganhou popularidade, sendo atualmente aplicada em muitas indústrias a nível mundial.

A sua implementação é, na prática, bastante difícil, devido à necessidade de mudança, que provoca uma grande agitação nas organizações. A saída da zona de conforto torna-se o grande adversário da implementação *Kaizen*. No entanto, IMAI (1994) acredita que uma administração deve ser aplicar pelo menos 50% dos seus recursos na procura da possibilidade de melhorias no sistema, contudo, este trabalho exige um largo conhecimento e experiência, no que toca à resolução destes problemas.

Ciclo PDCA

O Ciclo PDCA, também conhecido por Ciclo de Deming ou Ciclo Shewhart, foi concebido por Walter Shewhart, nos anos 30, mas foi William E. Deming que se popularizou nos anos 50.

Esta ferramenta consiste em facilitar iniciativas de melhoria continua. Auxilia a análise e prognóstico de problemas organizacionais, sendo uma abordagem sistemática, útil e simples para encontrar a solução adequada. Segundo Quinquilo (2002), poucos instrumentos conseguem ser tão eficientes na busca da perfeição, uma vez que se trata de ações sistemáticas, que até podem ser aplicadas no dia-a-dia, procurando atingir melhores resultados no quotidiano.

É de grande importância que todos os envolvidos tenham total conhecimento de qual o objectivo e compreensão do processo, para que assim consigam identificar os impasses e possam atingir o objetivo.

O ciclo PDCA encontra-se dividido em 4 fases bem definidas e distintas:

- ✓ **Plan (Planear)** – consiste em, previamente, o definir a finalidade da inicialização deste ciclo; envolve a definição de objetivos, estratégias e ações. De seguida implica definir os métodos utilizados para atingir as metas traçadas.

- ✓ **Do (Fazer)** – representa a execução do que foi anteriormente planejado. É necessário envolver todos os colaboradores da organização para que estejam ao corrente do que se irá suceder para, em conjunto, implementarem o que foi definido.
- ✓ **Check (Verificar)** – determinar se o objetivo da implementação foi alcançado e, em caso negativo, verificar as causas que levaram a não atingir o desejado.
- ✓ **Act (Agir)** – fazer as correções necessárias para não se voltar a deparar com o mesmo problema. Procura encontrar melhorias para otimizar o processo, eliminando o dilema inicial.

As organizações apostam na utilização constante do ciclo PDCA, proporcionando, assim, melhorias contínuas com o intuito de atingir a excelência, através de objetivos desafiantes (IMAI, 1997).



Figura 3 - Ciclo PDCA

2.1.5.2. METODOLOGIA 5S

Na crise verificada após a Segunda Guerra Mundial, com o desenvolvimento do *Lean Thinking*, também surgiu esta ferramenta. Os 5S's contribuem para a eficácia e condições das áreas de trabalho.

Uma ferramenta Lean visa melhorar o local de trabalho e eliminar os desperdícios. “*Everything has a place and everything in its place!*” afirma Feld (2001); menciona que todos os componentes e respetivos locais devem encontrar-se rotulados, para assim, ser visualmente possível a associação entre os componentes e o seu devido lugar.

Já Lourenço (1999), defende que esta ideologia surgiu com a condição de melhorar as condições de trabalho das pessoas. Por sua vez, Scotchmer (2008) afirma que a finalidade é melhorar a produtividade, melhorar a qualidade no ambiente, aumentar a eficiência, diminuir defeitos e acidentes, melhorar a segurança, melhorar a imagem corporativa, aumentar a motivação dos trabalhadores e diminuir os custos de operação.

Os 5S's é de origem Japonesa e significa: *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke*, que, segundo Monden (1983), compreende uma atividade de limpeza total do local de trabalho, algo simples, que, por vezes, é esquecido e proporciona uma potencial fonte de lucro. Apresenta-se de seguida, uma explicação mais pormenorizada de cada ponto desta metodologia:

- ✓ **Seiri (Separação)** – identificar o que é claramente necessário do desnecessário para o processo e eliminar os desperdícios. O que é desnecessário deverá ser retirado ou eliminado, otimizando o espaço de trabalho.
- ✓ **Seiton (Arrumação)** – refere-se à disposição dos equipamentos e ferramentas, de maneira a permitir uma melhor organização e facilidade para o utilizador, aumentando a produtividade (eliminando perdas de tempo).
- ✓ **Seiso (Limpeza)** – manter o espaço limpo e efetuar uma limpeza diária, no sentido de manter o ambiente limpo e tudo arrumado no seu devido local.
- ✓ **Seiketsu (Padronização)** – baseia-se em manter e controlar as primeiras 3 regras acima, definindo os aspetos a controlar de maneira a atingir os patamares pretendidos.
- ✓ **Shitsuke (Standard)** – manter em funcionamento as regras aplicadas, tornando-as em hábito de trabalho.

Contudo, este método não se baseia apenas na arrumação e limpeza das áreas de trabalho - proporciona espaços de controlo visual acessível, conseguindo facilidade na identificação e eliminação de desperdícios, sendo fundamental para o aumento da produtividade do processo em questão.

2.1.5.3. SMED – TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTA

Na produção de pequenas e diversificadas quantidades, Shingo (1985), apercebeu-se que as maiores perdas de tempo encontravam-se no elevado número de operações *setup* necessárias – mudanças de ferramentas ou moldes e afinações. Aliás, devido à variedade e inconstante procura, as organizações não tinham outra hipótese que não a de se adaptar para, assim, conseguir responder aos seus pedidos. Assim, o SMED (Troca Rápida de Ferramenta) foi desenvolvido com o objetivo de reduzir os tempos de *setup* e, deste modo, aumentar a eficiência e flexibilidade dos processos.

Por tempos de *setup* entende-se o período entre a última unidade produzida de um lote e a primeira do lote seguinte, podendo ser dividido em: externo (contempla as operações que possam ser feitas com a máquina em funcionamento) e interno (representa apenas as operações que necessitam do equipamento parado para as realizar).

A redução do *setup* interno é, portanto, o principal objetivo desta ferramenta.

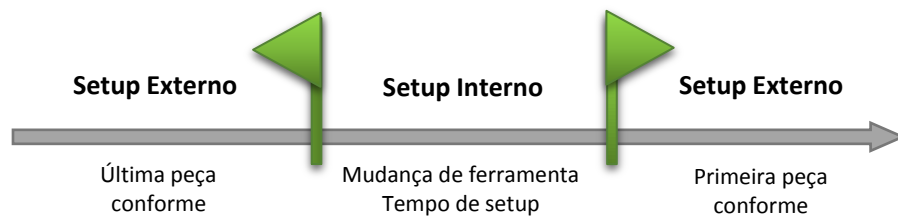


Figura 4 - Tempo de *setup* (adaptado de: Sebroza (2008))

A utilização deste método, torna o processo de troca de ferramenta simplificado, e com a redução de tempos existirá uma melhoria significativa, tanto na operação como no produto. O ser humano tem tendência a cometer erros quando seguem procedimentos não standards, e uma vez que este processo se torna padronizado, a probabilidade de criar defeitos no produto também se reduz. O fluxo da cadeia ganha maior flexibilidade.

Após a redução deste tempo, a organização tem a possibilidade de produzir mais produtos diferentes, pois a facilidade de troca de ferramenta é maior e mais rápida, e por sua vez, existe um ganho de tempo que pode ser direcionado para mais trocas e para a produção em si.

2.1.5.4. SISTEMA *POKA-YOKE*

Segundo Bertaglia (2003), o *poka-yoke* previne os erros humanos nos postos de trabalho, através da identificação de possíveis falhas, reduzindo as peças defeituosas no sistema e reduzindo a necessidade de retrabalhar essas peças não conformes.

Segundo Shigeo Shingo (1986), o criador deste sistema, define o método como uma prevenção ao erro, isto é, os defeitos ocorrem porque erros são cometidos, e estes dois têm uma relação de causa e efeito, no entanto, os erros não tornarão o produto defeituoso se existir um feedback e reação adequada no momento do erro.

O sistema de *Poka-Yoke* é utilizado para prevenir que unidades defeituosas sigam caminho pelo fluxo produtivo e a sua utilização garante que o equipamento se encontra preparado para a detecção do defeito. Simplificando, o *Poka-Yoke* é um produto já por si defeituoso, que pode ser utilizado no início de cada processo (por exemplo, ao iniciar o turno em cada máquina); quando inserido, a máquina irá detetar que é defeituosa e, por sua vez, parar.

Concluimos assim, que a máquina se encontra apta para uma utilização mais descuidada por parte do operador. Previne que o operador cometa erros sem se aperceber de tal e que a peça seja encaminhada para o posto seguinte e agite o resto da cadeia.

2.1.5.5. TRABALHO STANDARD

O *Standard Work* é uma ferramenta Lean utilizada para desenvolver um conjunto de procedimentos de trabalho (uma rotina padrão), abrangendo os melhores métodos e sequências para cada operação e para cada operador (The Productivity Press Development Team, 2002).

Segundo Liker e Meier (2007) esta ferramenta desenvolveu-se na Toyota através da adaptação do Training Industry Program (TWI2), que procurou encontrar um fluxo contínuo de maneira a reduzir a variação das operações, levando a uma otimização dos resultados. Como já foi referido anteriormente, o ser humano é criativo quando deparado com um caso de trabalho não normalizado. Não deve existir margem para a improvisação.

Baseando-se num sistema *pull*, puxado através das necessidades da procura, é necessário analisar o balanceamento das linhas para introduzir o trabalho normalizado, com o intuito de definir a melhor sequência para responder às necessidades do mercado. Ou seja, conseguir estabelecer o trabalho normalizado fundamentando-se no *Takt-Time* imposto.

Após a normalização do trabalho, a existência de operações aleatórias é eliminada e, consequentemente, o tempo de ciclo irá ser menor. A eliminação dos desperdícios com a imposição destas restrições levou à melhoria da qualidade, segurança, eficiência e planeamento (Azeres et al., 2010).

Existem quatro pré-requisitos para a sua implementação segundo Martin e Bell (2012):

- ✓ O operador deve ser capaz de executar o trabalho, em segurança e de maneira ergonómica, no tempo estabelecido.
- ✓ As operações devem ser realizadas na sequência estabelecida.
- ✓ Materiais utilizados devem ser de alta qualidade, uma vez que, se assim não for, a probabilidade de ocorrência de defeitos é superior.
- ✓ Equipamentos, ferramentas e espaço de trabalho devem encontrar-se no seu melhor estado, para que não haja avarias e, por sua vez, tempos de paragem.

2.1.6. MÉTRICAS LEAN

Para sincronizar o fluxo de processos, é necessário considerar determinados indicadores. Estes indicadores proporcionam uma maior ajuda na análise do fluxo de valor e na tomada de decisão, com o intuito de eliminar os desperdícios encontrados. A gestão do tempo torna-se fulcral para a organização, uma vez que o ritmo de produção é definido a partir dele. Num sistema *pull*, a produção é sincronizada pelas necessidades do cliente.

Segundo Rother e Shook (2003), devemos ter em consideração as seguintes definições:

- ✓ **Lead Time (LT)** - representa o tempo que uma peça demora a percorrer todo o fluxo de produção, isto é, desde a entrada da matéria-prima na fábrica até à sua entrega ao cliente.
- ✓ **Tempo de Valor Acrescentado (TVA)** - representa o tempo do fluxo onde se acrescenta valor ao produto para o cliente.
- ✓ **Tempo de Ciclo (TC)** - representa o tempo de uma ou mais operações de um determinado processo, isto é, o tempo de execução de operações repetitivas pelo mesmo operador.
- ✓ **Takt-Time (TT)** - representa o ritmo de produção necessário para satisfazer as necessidades do cliente, ou seja, a frequência com que uma peça deve ser produzida, de forma a concretizar a entrega ao cliente no tempo estabelecido pelo mesmo. É importante a sua análise, para o planeamento da produção e das operações afetadas podendo ser calculado através da seguinte fórmula:

$$Takt - Time = \frac{(Tempo de Produção - Paragens Programadas)}{N^o \text{ médio de peças pedidas pelo cliente}}$$

2.2. *PULL SYSTEM*

Com o aumento da competitividade, as organizações procuram a eliminação de desperdícios e a procura da eficiência a nível de processos de fabricos e logísticos. Um sistema eficiente deve ser capaz de produzir apenas o necessário, nas quantidades necessárias e no momento pretendido.

Antes da utilização da metodologia *pull*, as organizações não possuíam qualquer balanceamento no *stock* produzido, o que originava uma acumulação de stock em armazém e, consequentemente aumento de custos para a organização devido às despesas de manutenção de *stock* necessários.

Segundo Team (2002), o *Sistema Pull* consiste na produção de componentes unicamente focados nas necessidades do cliente. Funciona através do conceito supermercado, em que os clientes compram produtos que já se encontram nas prateleiras e, posteriormente, esta é reabastecida à medida que os clientes retiram os produtos.

Existindo uma encomenda do cliente e sendo marcada a data de entrega, a produção será, então, efetuada conforme o *Takt-Time* (ritmo de procura do cliente) do produto pretendido. Contrariamente ao que se verifica com a produção *push*, em que apenas se inicia o fabrico quando a encomenda é efetuada pelo cliente e esta é entregue quando estiver terminada. Na última opção não existe qualquer *stock* em excesso, pois apenas é produzido o material encomendado. No entanto, a produção torna-se inflexível, não conseguindo responder de imediato aos pedidos de todos os clientes, especialmente se existirem picos de procura esporádicos e imprevisíveis.

Sendo uma das principais características para o sucesso da gestão do *Lean Manufacturing*, tem como principais objetivos a redução de desperdícios e, consequentemente, a procura o aumento da qualidade. A produção passou assim, a ser controlada pela vontade do cliente e não pelo fabricante, sendo este que determina o ritmo de produção (Ohno, 1988).

Existem três tipos diferentes de produção *pull*:

- ✓ **Pull de Reabastecimento** ou **Supermercado** – pressupõe-se que exista um *buffer* no final do processo, sendo armazenada uma quantidade limitada de componentes.

A produção de componentes será realizada ao ritmo em que este *buffer* é consumido, sendo repostos os produtos que foram retirados. Consegue ser um método de fácil gestão visual, mas, se o número de referências for elevado, a capacidade do *buffer* terá de ser maior, ocupando uma vasta área.

- ✓ **Pull Sequencial** – este é o conceito puro de um Sistema *Pull*, em que a produção é puxada pela procura. O que é produzido é sequencial, sendo baseado na procura do cliente.

Ao contrário da anterior, não é necessário um supermercado para todas as referências, existindo apenas uma área para a saída de todos os componentes, uma vez que mal termine a sua produção será entregue ao cliente.

Para manter um fluxo fluido ao longo da cadeia é utilizada a regra FIFO (*Firts-In-Firts-Out*), isto é, o processo tem de produzir, em sequência, pela ordem em que as cartas lhe são entregues. No entanto, a sua implementação torna-se mais complicada devido aos *leads times* reduzidos, sendo preciso um planeamento da procura balanceado.

- ✓ **Pull Misto** – representa a junção dos dois sistemas anteriormente apresentados. Para aplicar é preciso que os produtos sejam organizados por “A”, “B” ou “C”, conforme as suas necessidades – Princípio de Pareto, em que 20% dos produtos produzidos representam 80% do valor total produzido. Apesar da procura complexa e variável, conseguem-se obter resultados satisfatórios através do funcionamento horizontal dos dois sistemas.

Apesar de se tornar um sistema mais complexo que o tradicional, acaba por ser um sistema de produção visual, o que cria facilidade na gestão do WIP (*Work in Process*), auxilia a tomada de decisão, apenas produz o que o cliente pede, existindo um baixo *stock* em armazém, interrelaciona a produção e a logística através de um fluxo de informação e, por fim, otimiza a qualidade e o custo da cadeia.

Para o sucesso deste tipo de produção, foi criado na Toyota uma ferramenta para formar um fluxo de informação em todo o sistema, que facilitasse a gestão ao nível da produção. Essa ferramenta chama-se Kanban. Gross e Mcnnis (2003) afirmam que Kanban é sinónimo do planeamento com base na procura.

2.2.1. KANBAN

Para conseguir produzir o planeado é necessário repor todos os componentes necessários, ao longo do processo de fabrico. Para tal, é necessária a utilização da ferramenta *Kanban*, mais conhecida por “cartão”, que consiste em implementar um fluxo de informação paralelo ao fluxo do processo, mas no sentido oposto, com a utilização de algo visível.

Na figura seguinte (Figura 5) encontra-se representado a base de funcionamento do sistema *Kanban*.

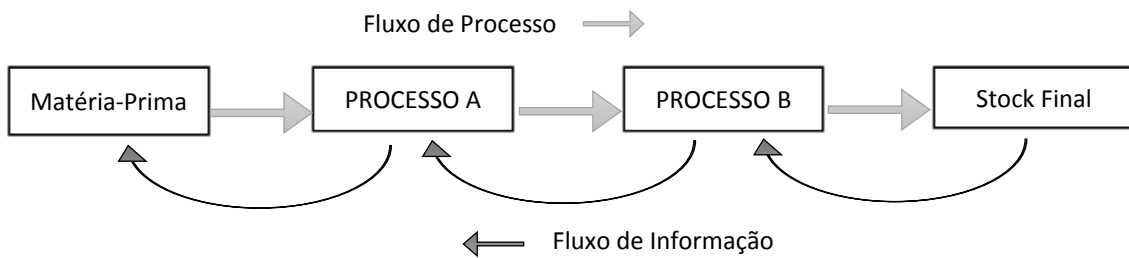


Figura 5 - Esquematisação de um Sistema *Kanban*

Na década de 1950 foi desenvolvido o método *Kanban* para controlar a produção e, inicialmente, a Toyota utilizou este método para reduzir custos e gerir máquinas, mas atualmente também auxilia a identificação de problemas no fluxo de produção e possibilita a melhoria em toda a cadeia (Gross e Mcnnis, 2003). Controla a movimentação e produção de peças em todas as fases da produção, sendo capaz de mostrar as necessidades de produção ou aprovisionamento de componentes, do posto seguinte ou da linha final.

Segundo Courtois, Pillet e Chantal (2007), a metodologia *Kanban* funciona de maneira a que cada processo produtivo apenas produza aquilo que é solicitado pelo processo seguinte. Assim, a unidade de fabrico que se encontra à frente da cadeia envia um sinal visual ao processo anterior e indica o que é necessário produzir ou entregar. Por sua vez, Schonberger (1982) e Monden (1983) revelam que o *Kanban* é um sistema puxado que consiste em retirar componentes do estágio anterior à medida que o estágio seguinte os consome no processo de fabrico.

O *Kanban* funciona como um sistema de informação que integra toda a cadeia. Agrega todos os processos e membros do sistema, criando um fluxo harmonioso de informação entre os mesmos. A informação contida na carta pode ser subdividida em duas categorias: informação de recolha, que corresponde ao *Kanban* de recolha que autoriza a movimentação de componentes pela fábrica, e a informação de produção, que representa os *Kanban* de produção, que servem para disparar a produção de um lote de determinados componentes, alocado a uma determinada linha. A imagem seguinte (Figura 6) é um típico exemplo de uma carta *Kanban*.

Quantidade	Produto Final AF		Cliente X
10			
Refª	123	4567X	
KANBAN PRODUÇÃO			Projecto A 
Fornecedor	LINHA 3	Cliente	
MONTAGEM	1/6	SHOPSTOCK	

Figura 6 - Exemplo de carta *Kanban* de produção (PIK)

O número 10 significa a quantidade que deve ser produzida após a receção desta carta, portanto, será semelhante a uma ordem de fabrico e neste caso é lançada pelo *Shopstock* (*stock* de produtos acabados ou semiacabados) para a Montagem. Uma vez que este *Kanban* pertence ao último processo produtivo do sistema, corresponde à produção da referência 1234567X feita direccionada para o Cliente X.

Um dos principais conceitos da produção *pull* é a produção em lotes; com o auxílio do *Kanban*, é possível uma maior organização nas ordens de fabrico, tornando todo o processo simples e confiável. Estando a cadeia de valor definida na produção em lotes, é necessário que as cartas emitam ordens de fabrico consoante o número de componentes por lote e que seja criado um *stock* no final de cada processo, para garantir a existência de *stock* no caso de defeitos, mudança de ferramentas ou diferentes tempos de ciclos entre referências.

É ainda necessário garantir a troca de informação através de sinais visuais, informando o processo de produção que certo componente foi consumido e autorizar à produção do mesmo, fazendo uma reposição do *stock* que foi consumido. Uma vez este cartão volta ao processo anterior (fornecedor), será produzido o que é pedido e voltará ao processo seguinte (cliente), formando um ciclo repetitivo. A interação entre a Produção e Logística é fundamental para o bom funcionamento desta metodologia.

A utilização deste método tem variadas formas de utilização - desde combinar diferentes tipos, quantidades de *Kanban's*, pontos de referência na sua utilização, entre outros. No entanto, um sistema na forma mais original deve apresentar as seguintes características:

- ✓ Utilização de dois *Kanban's* distintos, sendo um de produção e outro de transporte. Isto é, o *Kanban* de produção efetua uma ordem de fabrico para assim repor os componentes consumidos na operação e o *Kanban* de transporte acompanha o transporte entre o local em que a peça é produzida até onde é consumida, controlando as movimentações entre os processos;

- ✓ O ritmo da produção é definido pelo controlo de nível do *stock* final ou ao nível em que ele é entregue ao cliente – produção *pull*;
- ✓ O funcionamento é feito de maneira descentralizada, uma vez que é a partir da carta que as ordens de fabrico são dadas;
- ✓ O nivelamento do *stock* é feito através da quantidade por lote; o *stock* ou espaço para ele é, portanto, limitado.

Uma das ferramentas utilizadas que auxilia a organização e gestão visual ao método *Kanban* é a *Heijunka Box*, fornecendo um plano de produção. É utilizada para o nivelamento da carga de trabalho, através da separação dos produtos e o seu volume, definindo a sua entrega no tempo disponível. Contem linhas, que representam a variedade de produtos e as colunas, que representa os tempos de produção idênticos. Cada cartão introduzido num compartimento significa que o respetivo lote de produto tem de estar terminado no tempo indicado. Desta forma a produção é nivelada conforme a procura do cliente.

Apesar da simplicidade, esta ferramenta, torna-se bastante eficaz, uma vez que ajuda a produção a sequenciar aquilo que necessita de produzir. A Figura 7 apresentada de seguida representa um exemplo desta ferramenta.

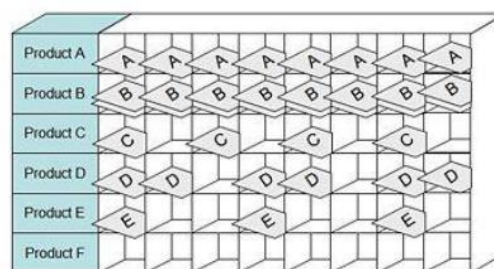


Figura 7 - Heijunka Box

Segundo Naufal et al. (2012) para a eficiência de um posto *Heijunka* é necessário definir o planeamento entre os diferentes produtos (consoante as encomendas do cliente); também é necessário determinar a quantidade de compartimentos, sendo que o tempo entre uma divisória e outra é medido com base na combinação entre as frequências de pedidos das variadas referências; por fim, indicar quando é que deve ser efetuado o transporte para o cliente (após todos os produtos referentes a certo cliente estarem terminados).

Para reduzir os tempos desnecessários causados pelas mudanças de ferramenta, pode optar-se pela utilização de um posto de formação do lote – denominada por BBB (*Batch Bulding Box*). Ou seja, existe uma *box* onde se irão formar lotes de cartas que apenas são lançadas quando corresponderem à quantidade programada. Quando estas forem lançadas, a produção terá de

produzir o lote que foi constituído, produzindo assim lotes do mesmo componente, sem necessitar de alteração de modelo durante a sua produção.

2.2.2. REGRAS PARA APLICAÇÃO

Segundo Team (2002), a implementação do *Kanban* serve para fortalecer e melhorar a organização, passando a existir um fluxo de informação que interliga todos os processos da área produtiva.

Existem vários métodos para a aplicação do método Kanban, no entanto Team (2002) defende que são precisas as seguintes regras para o sucesso do sistema:

- ✓ **Processos produtivos finais pedem componentes aos processos iniciais.** Faz com que o sistema funcione ao contrário; isto é, analisando o que é necessário produzir no processo produtivos finais, “encomenda-se” ao processo inicial os componentes que irão ser necessários.
- ✓ **Processos produtivos iniciais apenas produzem.** Apenas é produzido aquilo que é pedido pelo processo seguinte, estando essa informação contida no *Kanban*.
- ✓ **Produtos defeituosos não são enviados para o posto seguinte.** Se existir algum defeito num componente é necessário retirá-lo do fluxo, uma vez que irá originar, futuramente, a um produto defeituoso. Obedecendo a esta regra é garantido que o produto final não terá qualquer defeito.
- ✓ **Necessário nivelar a produção.** Ao eliminar as variações de fluxo ao longo do processo obtém-se uma produção mais estável e sem estrangulamentos.
- ✓ **Kanban acompanha sempre o produto.** Sem a carta, o produto corre o risco de não seguir corretamente o seu fluxo, podendo ser desviado do seu trajeto correto. Sendo o *Kanban* uma ferramenta visual auxilia, o operador a direcionar o componente na direção correta.
- ✓ **Redução do número de *Kanban*.** Uma vez adotado este método, através de análises e observação é possível melhorar o sistema através da redução do número de *Kanban*, uma vez que esta redução simboliza a redução de *stock* em circulação.

2.2.3. MÉTRICAS DA FERRAMENTA *KANBAN*

Portanto, para a implementação da ferramenta *Kanban* é necessário ter em consideração alguns fatores iniciais, como a capacidade do contentor utilizado e a número de cartas *Kanban* precisas, para posteriormente, ser aplicado no sistema produtivo.

2.2.3.1. TAMANHO DO CONTENTOR

O contentor é o elemento mais pequeno no fluxo de produção e a sua capacidade está diretamente relacionada com a fluidez do fluxo de produção.

Para definir a capacidade do contentor é preciso, primeiro, escolher o tipo de embalagem e as suas dimensões, consoante as características do produto, baseando-se também em fatores como a procura real do produto, ou reposição de *stock*. Assim define-se a quantidade de peças que se deve aprovisionar em cada contentor. Todos os contentores de uma determinada referência têm de conter a mesma capacidade, para haver uma harmonia ao longo do processo produtivo.

2.2.3.2. NÚMERO DE *KANBAN*

A forma mais correta de definir o número de *Kanban* necessários é através da experiência e observação do sistema, iniciar o processo com uma maior quantidade de cartas e, após a observação do sistema, reduzir esse número. Este processo repete-se até se encontrar o número de *Kanban's* ideal para a operação.

No entanto, a forma mais tradicional de efetuar este cálculo é relacionar os volumes de procura com o tempo que o produto demora a ser produzido, sendo calculado através da seguinte equação:

$$Num\ Kanban = \frac{Output\ diario \times (Lead - Time + Margem\ Seguran\c{a})}{Pe\c{a}s\ por\ Contentor}$$

2.2.4. VANTAGENS E BENEFÍCIOS

As organizações procuram eliminar ao máximo os desperdícios e reduzir tempos de processo para, assim, se transformarem em indústrias mais flexíveis e se tornarem competitivas perante os seus concorrentes.

Segundo Moura (1989), o *Kanban* é um método de organização industrial eficaz para esse objetivo. Consiste em integrar todos os processos num fluxo contínuo, eliminando tempos de esperas de material ou excesso deste na cadeia produtiva.

Gross e McInnis (2003) e Development Team (2002) apresentam os seguintes benefícios e vantagens decorrentes da adoção do sistema *Kanban* num Sistema *Pull*:

- ✓ **Redução de Stock.** Consiste no planeamento de produção; como o processo anterior apenas produz aquilo que irá ser consumido no posto seguinte, a quantidade de *stock* ao longo do fluxo produtivo é menor.
- ✓ **Melhoria do Fluxo.** Uma vez que através deste fluxo de informação o operador sabe o que tem de produzir e quando.
- ✓ **Melhorar a resposta à variação da procura.** Estando definidos níveis máximos e mínimos de *stock* a produzir, é lançado um sinal quando se deve ou não produzir. Ou seja, no caso da diminuição das necessidades do cliente, a produção irá parar, e apenas será retomada quando esta aumentar.
- ✓ **Produção mais diversificada.** Trabalhando com lotes pequenos, é possível produzir uma maior variedade de produtos nas mesmas condições.
- ✓ **Integração de todos os processos do sistema.**
- ✓ **Eliminação da ocorrência de falta de componentes.** Como existe *Kanban's* de produção, que simbolizam uma ordem de fabrico, sabe-se o que será produzido e quais são os componentes que constituem este produto. Portanto, o que será consumido será repostado posteriormente.
- ✓ **Regularização das flutuações do stock em produção.** Definindo um lote por produto, em todos os processos a capacidade será igual para este produto.

Para além de todas as vantagens mencionadas anteriormente, este método auxilia o responsável de produção ou operários, pois:

- ✓ **Simplifica o planeamento da produção.** Devido à antecipação do planeamento, deixa de ser necessário a programação da produção diária ou a verificação do que terá de produzir após terminar o fabrico de um determinado componente.
- ✓ **Facilidade na procura de informação.** Elimina a necessidade de planeamento em papel. O *Kanban* vem substituir isso, sendo ele que informa ao operador o que deve ser produzido e que sequência seguir.
- ✓ **Descobrir desperdícios.** Tornando o processo mais simples e uniformizado, facilita a identificação de desperdícios.

2.3. BALANCEAMENTO DE LINHAS

Balanceamento de linhas é uma expressão que representa nivelar, seja uma linha de produção ou de montagem, através da repartição de tarefas, com a mesma carga de trabalho, pelos vários postos de trabalho. Consiste na eliminação das atividades gargalo, isto é, do recurso que estagna a produção e, ao ser eliminado, fará com que a eficiência e a produtividade aumentem, mantendo o ritmo de trabalho constante ao longo dos postos.

Uma linha de produção é constituída por postos de trabalho que formam uma sequência de trabalho, quando ligados entre si com mecanismos de transportes, de maneira a que os componentes sejam levados de um posto para o seguinte. Nestes postos de trabalho são executados um conjunto de tarefas que visam ao processamento do produto final (ou semiacabado).

Segundo Assis (2010) uma linha de produção é composta por postos de trabalho, fixos e com uma sequência lógica, contendo um operador que realizam operações sucessivas e repetitivas ao longo do ciclo, podendo ser auxiliados por ferramentas ou pequenos equipamentos. Quando existem postos paralelos, utiliza-se o termo estação para diferenciar de postos de trabalho, sendo as estações constituídas por vários postos e o posto de trabalho constituído por apenas um operador.

Para existir um fluxo harmonioso é preciso que a linha de produção esteja equilibrada; mesmo com tempos de ciclos de operações diferentes é necessário balanceá-las, de maneira a reduzir os tempos de espera entre elas. Ugur Ozcan (2008) refere que o balanceamento de linhas consiste em agrupar sequencialmente as operações por posto com o objetivo de otimização do trabalho e da utilização dos equipamentos, uniformizando os tempos de ciclo do grupo de operadores e/ou reduzindo o número de postos de trabalho necessários no processo.

A dificuldade deste procedimento passa pela atribuição de tarefas a diferentes postos de trabalho, sendo fundamental respeitar valores específicos, sendo o mais importante o *Takt-Time* para, assim, garantir a entrega das necessidades aos clientes.

Com os elevados custos de construção e manutenção de uma linha de montagem, as organizações optam por produzir, na mesma linha, vários produtos com características semelhantes (Xu & Xiao, 2011). Através da mudança de modelo da linha é possível a produção de diferentes produtos, sendo necessário que a linha produtiva se encontre balanceada para qualquer das referências produzidas. Para além disso, Hitomi (1979) afirma que os operadores, numa fase inicial, encontram-se perante processos não sistematizados, nem automatizados, o que provoca tempos mais elevados. Deste modo, é preciso que o balanceamento seja aplicado ao longo da vida

útil do sistema, uma vez que ao longo do tempo, os operadores vão repetindo as suas tarefas, sistematizando o processo e reduzindo os tempos desempenhados – efeito da aprendizagem.

Resumindo, o objetivo para o balanceamento de uma linha consiste em reduzir o tempo de trabalho inútil, podendo ser alcançado através da divisão de carga de trabalho pelos postos de trabalho existentes ou até reduzindo o número de postos de trabalho necessários. Para além disso, procura ajustar a produção à procura, maximizando a produtividade e, consequentemente, os custos associados ao processo.

2.3.1. TIPOS DE BALANCEAMENTO

Para além do que foi referido anteriormente, durante o processo de balanceamento é necessário ter atenção à variedade de produtos que são fabricados, visto que, consoante este fator, o modelo de balanceamento será diferente.

No caso de apenas se produzir um tipo de produto numa determinada linha estamos perante uma *single-model line*, consistindo na produção em massa, na produção de grandes volumes do mesmo tipo de produto. Mas atualmente, devido à enorme oferta de mercado de produtos diferenciados, o interesse dos clientes por produtos sem grandes especificações é mínimo, tornando não rentável o processo produtivo.

Se os tempos de *setup* são tão reduzidos que até podem ser ignorados, e serem montados na mesma linha vários produtos diferentes sincronizados arbitrariamente, estando perante uma *mixed-model line*.

Neste caso, os componentes diferem especialmente no tamanho, materiais e equipamentos utilizados durante o processo, sendo estes elementos críticos para a influência dos tempos de ciclo. Existindo um grande fluxo de produtos na mesma linha, o tempo de ciclo poderá exceder e provocar sobrecargas e, segundo Boysen et. Al (2008), a melhor opção será encontrar uma sequência para os componentes, mantendo os componentes com maior tempo de processamento intercalados com os de menor tempo.

Quando se tem diferentes tipos de produtos numa linha, o balanceamento deve encontrar-se interligado com o sequenciamento, uma vez que, existindo tempos de ciclos diferentes, poderá ocorrer sobrecarga nos postos de trabalho.

Para finalizar, numa *multi-model line* os tempos de mudança de modelo já são consideráveis, necessitando a realização de uma produção por lotes, evitando a redução de tempo produtivo devido ao gasto de tempo em mudanças de modelo.

Quando os lotes consistem em grandes volumes, quase que se pode considerar *single-model line* e fazer o balanceamento para cada modelo. No entanto, na realidade não é o que sucede, necessitando de atenção redobrada para os componentes e equipamentos utilizados. Deste modo, quando estamos a dividir estes produtos pelas linhas de montagem, deve ser garantido que os produtos têm características semelhantes, utilizando os mesmos equipamentos e a linha proporcione o abastecimento de todos os componentes necessários.

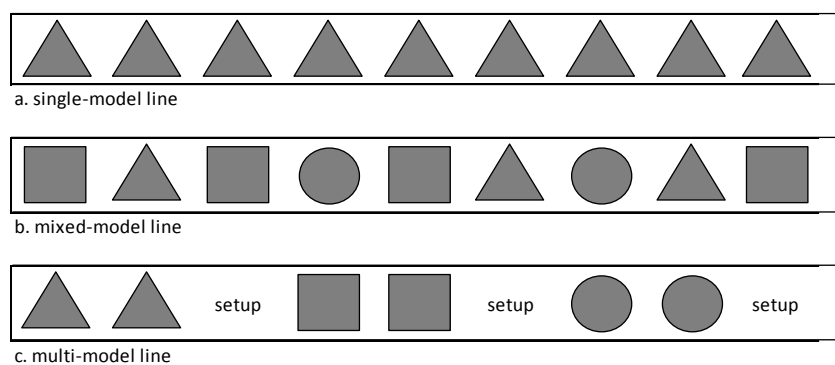


Figura 8 - Tipos de Balanceamento

Assim, a produção em massa do mesmo componente, corresponde à existência da procura simultaneamente estável e elevada, justificando um investimento elevado numa linha dedicada exclusivamente à produção do mesmo componente.

Existindo um grau de personificação mais elevado, a linha fica sujeita à produção de vários tipos de produto, exigindo que seja capaz de responder às necessidades do cliente, tornando-se mais flexível às variações externas.

A Indústria Automóvel assemelha-se ao último caso referido, necessitando que seja flexível às constantes alterações das necessidades e especificações dos clientes.

2.3.2. INDICADORES DE BALANCEAMENTO

Para obtenção de resultados e conclusões ao longo da implementação e vida útil das linhas produtivas, são examinados indicadores para que a execução do balanceamento seja desenvolvida.

Primeiro, é preciso conhecer alguns elementos indispensáveis para, futuramente, se proceder à medição de tempo e à sua comparação durante todas as fases desta prática. Deste modo, concluímos que as etapas necessárias para o balanceamento de linhas passem pela recolha e cálculo dos seguintes indicadores:

- ✓ **Relação sequencial entre as tarefas** – ponto fundamental na inicialização do balanceamento, formando uma ordem pela qual as tarefas são realizadas e, conseqüentemente, seja possível retirar as medições parciais do tempo real de processamento e, por fim, do tempo total do processo.
- ✓ **Takt-Time (TT)** – como já foi referido no capítulo 2.1.6, o *Takt-Time* representa o ritmo pela qual a produção se encontra sincronizada, podendo ser calculada através da seguinte fórmula:

$$Takt - Time = \frac{(Tempo de Produção - Paragens Programadas)}{N^o \text{ médio de peças pedidas pelo cliente}}$$

- ✓ **Lead-Time (Lt)** – representa o tempo entre o início e o fim de uma atividade, podendo ser considerado desde inúmeros pontos de partida e enumerando vários processos produtivos. Um dos exemplos será o *Lead Time* de uma linha produtiva, que corresponde ao tempo que medeia desde a do componente na linha até que saia como produto final.
- ✓ **Tempo de ciclo (Tc)** – representa o tempo que demora a realização de uma operação e, consoante haja ou não desperdícios, pode-se considerar tempo de ciclo real e teórico, respetivamente. Por sua vez, o tempo de ciclo de uma linha produtiva corresponde ao tempo da atividade de maior duração, uma vez que esta representa a atividade gargalo (*bottleneck*) da linha.
- ✓ **Número teórico mínimo de postos (Nt)** – representa os postos necessários para a realização das operações; sendo que este representa um número inteiro, devendo ser arredondando por excesso e é calculado da seguinte maneira:

$$Número \text{ mínimo de postos } (Nt) = \frac{Lead \text{ Time } (LT)}{Tempo \text{ de Ciclo } (Tc)}$$

- ✓ **Eficiência (E)** – representa o desempenho de cada posto de trabalho, mas sempre associada a um operador, uma vez que se refere ao desempenho do operador alocado a uma operação específica.

$$Eficiência (E) = \frac{Lead \text{ Time}}{N \times Tc}$$

Em que, N consiste no número de postos de trabalho

- ✓ **Produtividade (P)** – representa os ganhos comparativamente à situação antes de ocorrer o balanceamento e formula-se do seguinte modo:

$$Produtividade (P) = \frac{LT\ Inicial - LT\ Final}{LT\ Inicial}$$

GRAFICO YAMAZUMI

Os gráficos *Yamazumi* são gráficos de barras empilhadas que especificam a distribuição da carga de trabalho pelos operadores, facilitando a análise para o balanceamento da linha, uma vez que se trata de um método visual e de fácil compreensão. Desenvolvida pela Toyota, auxilia a rápida identificação de tarefas que não acrescentam valor, de maneira a reduzir e equilibrar os respetivos tempos das operações.

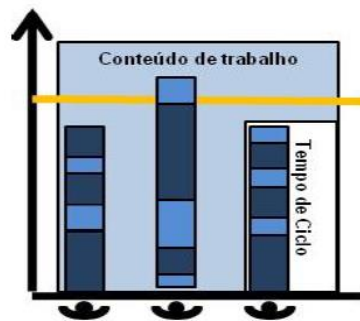


Figura 9 - Gráfico Yamazumi

Na Figura 9 encontra-se um exemplo de um Gráfico *Yamazumi* em que a linha laranja representa o *Takt-Time*, sendo este ultrapassado pelo operador intermédio.

3. CASO DE ESTUDO – IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA KANBAN E BALANCEAMENTO DE LINHAS NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Este capítulo tem início com a apresentação da empresa onde se realizou o projeto e onde será exposto o seu contexto, começando com um breve resumo do processo produtivo da organização, analisado num enquadramento geral e depois, numa análise específica ao projeto **HAB01 AF**.

No seguimento desta introdução ao caso de estudo, será apresentada a temática sobre a Implementação de um Sistema *Kanban*, que engloba um conhecimento dos variados processos e a metodologia que será utilizada para atingir este objetivo.

Após se encontrar uma metodologia definida, será aplicada à situação real deste projeto, obtendo-se resultados para proceder à implementação esta ferramenta.

Por fim, este trabalho terá um subcapítulo que representa o Balanceamento de Linhas, onde se encontra inserida uma análise sobre a situação atual do processo e as ações implementadas, analisando posteriormente os ganhos obtidos, utilizando diferentes indicadores.

3.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Esta organização de carácter internacional, é fabricante de componentes para o setor automóvel, produzindo assentos, sistemas de interiores e exteriores e sistemas de escape, oferecendo soluções inovadoras para os desafios automóveis.

Fundada em 1997, tem apresentado um enorme crescimento a nível internacional e, por isso, deve garantir excelência nos seus produtos, uma vez que tem como clientes os maiores fabricantes de automóveis do mundo (Figura 10).

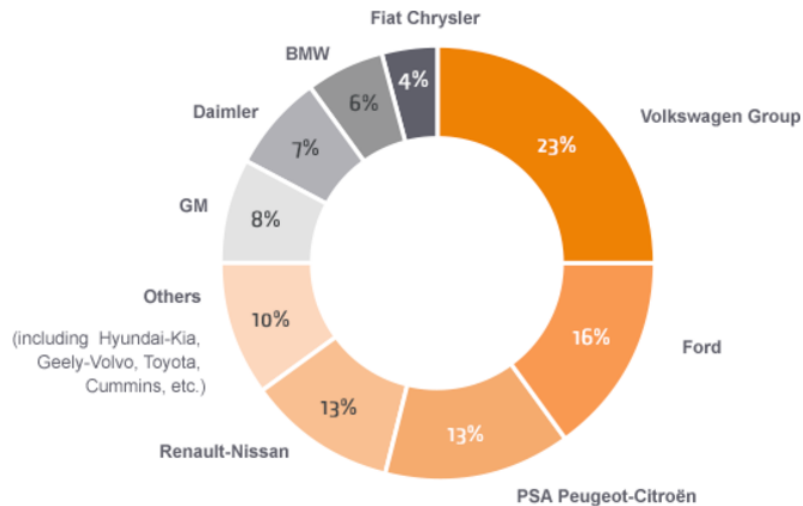


Figura 10 - Clientes da empresa

Dentro do grupo, a empresa onde se realizou este projeto encontra-se assediada em São João da Madeira, unidade industrial que apenas fabrica assentos para automóveis e os seus mecanismos.

Os assentos desempenham um papel crítico no condutor e na sua experiência de condução, pelo que a empresa procura oferecer aos clientes finais uma maior comodidade, aliada à tecnologia de ponta e, acima de tudo, garantindo elevada segurança.

Para atingir um patamar de excelência e mantê-lo ao longo de todo o seu processo produtivo, a organização apresenta um Sistema de Excelência (ES), uma filosofia para atingir a excelência em relação à qualidade, custo e entrega, que visa aplicar metodologias *Lean* e *Kaizen*, de forma a eliminar desperdícios e assegurar a melhoria contínua do seu processo. Caracteriza-se como um modo de funcionamento, uma ideologia a seguir, que deve ser aplicado em todas as suas unidades produtivas, com o intuito de assegurar o funcionamento baseado na visão da organização, auxiliando a implementação dos processos produtivos e do seu aperfeiçoamento contínuo.

Criado em 2002, o ES define a visão, a prática e o método de trabalho a ser aplicado para atingir os seus objetivos de excelência, e para tal, apoiam-se nos seguintes valores e cultura:

- ✓ Ser a melhor organização dentro da indústria automóvel;
- ✓ Apresentar-se como uma organização de qualidade total: qualidade do produto, serviço e relações humanas;
- ✓ Ter em consideração os pedidos requeridos pelos clientes de forma a satisfazer a suas necessidades;

- ✓ Promover a iniciativa individual, criatividade e a responsabilidade dos seus colaboradores, tirando proveito máximo do conhecimento das pessoas existente na organização;
- ✓ Reconhecer e valorizar as competências das pessoas e a sua contribuição para o sucesso da empresa;
- ✓ Proporcionar aos seus colaboradores ascensão na carreira, tomada de responsabilidade e aquisição de novas competências, através do reconhecimento do seu esforço;
- ✓ Implementar e aplicar metodologias que respeitem e não prejudiquem o ambiente;
- ✓ Garantir a rentabilidade da organização

3.1.1. INTRODUÇÃO AO PROJETO

No seguimento do trabalho desenvolvido, é necessário perceber o fluxo produtivo pela qual o produto “assento” terá de percorrer até poder ser entregue ao cliente com as características pretendidas. Desta forma é feito um resumo sucinto sobre o processo produtivo realizado na organização, começando este por:

- ✓ **Preparatórios:** nesta componente, existe uma enorme variedade de processos, especialmente na preparação das matérias primas para os processos ditos como principais. São processos simples, de pouca complexidade, associados principalmente a junção de parafusos com componentes maiores. Funcionam como uma unidade separada dos processos principais pois os subconjuntos fabricados são entregues a processos diferentes dentro da fábrica; a junção desta unidade ao processo específico de entrega, representa a necessidade de mais máquinas, operadores e abastecimentos.
- ✓ **Soldadura:** consiste no primeiro grande processo, em que deve assegurar a união das peças através da fusão do metal de adição, o metal da base ou de ambos; necessita sempre uma fonte de energia para criar esta ligação entre os vários componentes.
- ✓ **Pintura:** representa o processo de pintura dos componentes, estando maioritariamente associado à pintura de estruturas soldadas, ou seja, vindas da Soldadura. No entanto, também existem matérias primas, que passam por este processo, sendo depois todos entregues ao processo de Montagem, em ambos os casos sempre existentes.

- ✓ **Montagem:** considerado como outro processo principal; representa o processo de especificação do assento, ou seja, a montagem das componentes que o irão diferenciar da base metálica vinda da Soldadura, sendo a montagem realizada sem a existência de uma fonte de energia.

O projeto, que se denomina por **HAB01 AF**, representa a produção de assentos da frente, a base metálica de um banco de automóvel. Podemos considerar que este é constituído por três famílias de assentos: **K0, P8 e R8; K9 HA; e K9 FIX**. No entanto, estes conjuntos também possuem vários produtos com diferentes especificações dentro do mesmo grupo, adquirindo esta diferenciação com o avançar do fluxo produtivo. Ao integrar o projeto tomou-se conhecimento do fluxo específico e dos seus respetivos processos e, a partir disso, aplicar-se metodologias para alcançar os objetivos de implementação da ferramenta *Kanban* e, consequentemente, a melhoria dos processos.

Como podemos observar na figura seguinte (Figura 11), existe uma separação dos principais processos utilizados na fábrica; no entanto ocorrem fluxos diferentes para produtos diferentes. A agregação de sistemas que constituem as Preparatórias, fornece pequenos produtos semiacabados a alguns processos neste sistema, como sucede na Montagem e Soldadura, mas também o fazem com processos fora do sistema, não sendo um processo singular deste projeto.

Assim, o primeiro grupo de componentes (**K0, P8 e R8**) inicia o seu fluxo na Soldadura (Linha 1). Após se encontrar fabricada a estrutura soldada, é encaminhada para a linha de Montagem (Linha 1) e, assim, entregue à TPA (preparação de transporte camião) correspondente do cliente. Já com o grupo de **K9 HA e K9 FIX**, ambos são soldados na mesma linha de Soldadura (Linha 2); contudo, na Montagem, são enviados para linhas diferentes. O produto **K9 HA** é produzido na Linha 2 e **K9 FIX** na Linha 3, e, apenas no caso de **K9 FIX**, são entregues à Montagem componentes vindos da Pintura. Após terminarem o processo de Montagem, serão reencaminhados para as TPAs respetivas.

Este fabrico de produtos diferentes na mesma linha produtiva é possível através da Mudança de Ferramenta (*Change Over*), otimizando ao máximo as máquinas utilizadas e proporcionando à fábrica uma maior variedade de produtos.

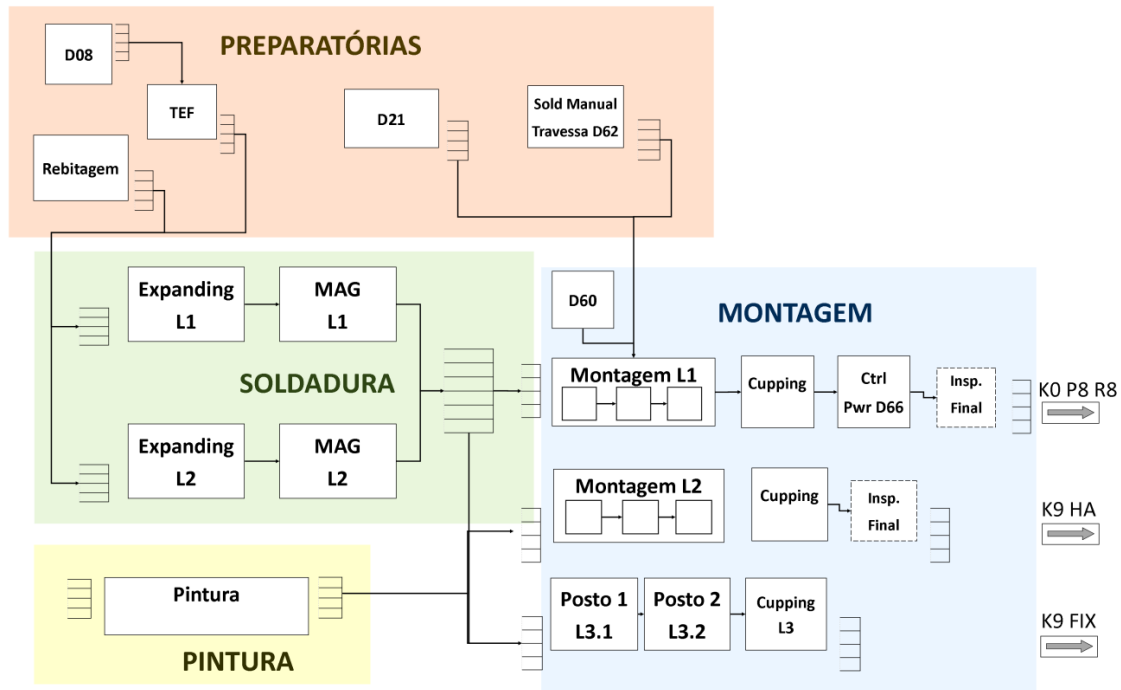


Figura 11 - Esquematização dos processos e fluxo produtivo

Ao longo do fluxo produtivo, verificam-se processos completamente distintos, que por sua vez, apresentam tempos de produção ou tempos de mudança de modelo diferentes. No entanto é necessário garantir que não ocorram distúrbios ao longo do ciclo. Para isso, o sistema tem que se encontrar harmoniosamente nivelado, assegurando que não ocorrem falhas na entrega de material de um processo para o outro. Para a resolução desse problema, recorre-se à criação de um *Shopstock*, que consiste num conjunto de produtos acabados ou semiacabados localizados junto a uma linha ou máquina, que faz com que todas as referências se encontram permanentemente disponíveis. Trata-se da organização por pistas associadas a apenas uma referência, servindo para resolver os pontos críticos do sistema, sendo necessário nas quatro situações seguintes:

- ✓ Quando o processo cliente (processo posterior) usa produtos semiacabados de fontes diferentes;
- ✓ Quando uma linha tem vários clientes;
- ✓ Quando o tempo de mudança de ferramentas é diferente entre linhas ou processos;
- ✓ Quando os processos anteriores (fornecedores) e os processos posteriores (clientes) têm diferentes tempos de abertura.

Através da utilização de *Shopstock*, fica garantido que todos os componentes se encontram disponíveis para a entrega ao processo seguinte, tornando o sistema global uniformizado e capaz de responder às trocas de modelo com maior rapidez.

3.2. IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA *KANBAN*

3.2.1. INTRODUÇÃO AO SISTEMA

O sistema de produção da empresa é baseado no *Pull System*, sendo produzido apenas aquilo que é encomendado pelo cliente. Deste modo, o planeamento da produção é baseado e analisado de forma ao cumprimento das suas necessidades. Para auxiliar este processo, é utilizada a ferramenta *Kanban* para estabelecer o fluxo de informação ao longo da cadeia, emitindo um sinal quando é preciso produzir e quais as quantidades necessárias.

As figuras seguintes são a representação do fluxo de um sistema *Kanban* na empresa, tendo diferentes configurações para processos produtivos de final de fluxo (Figura 12) e processos a meio do fluxo (Figura 13).

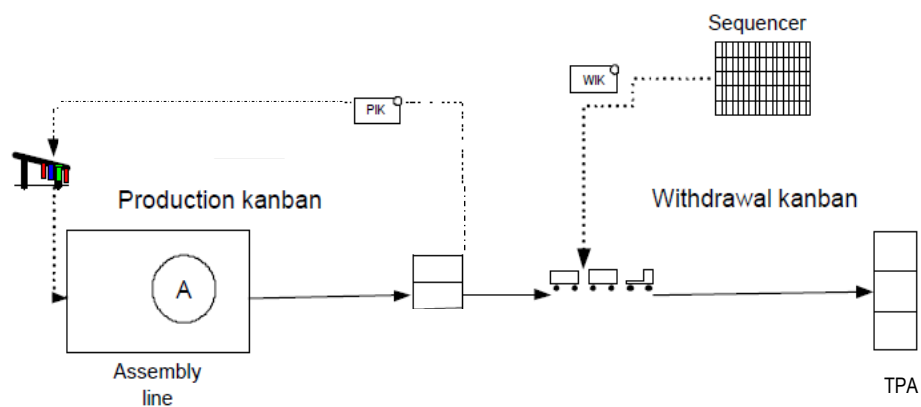


Figura 12 - Esquematisação de um Sistema *Kanban*: Final de Processo

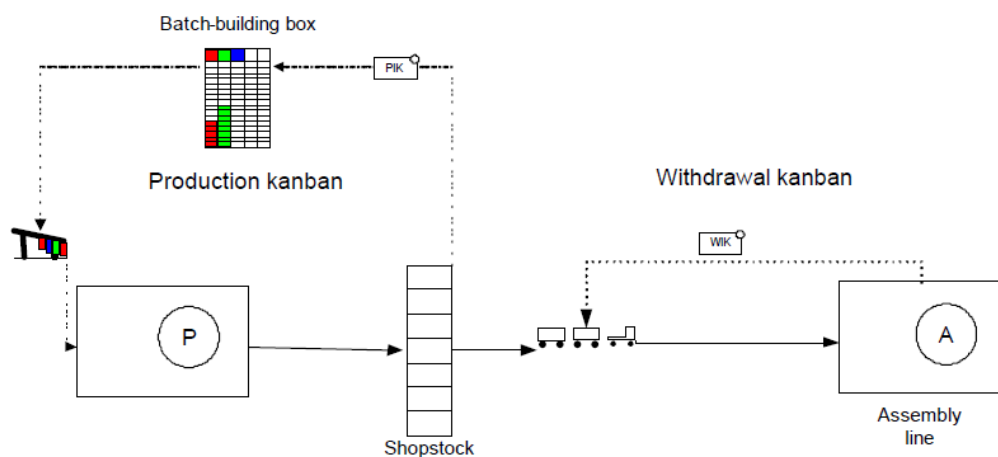


Figura 13 - Esquematisação de um Sistema *Kanban*: Processo Intermédio

O primeiro caso consiste numa linha de final de produção, sendo a sua produção efetuada a partir das ordens do nivelador. Este nivelador encontra-se dividido por produto e cliente (linha vertical) em relação às horas (linha horizontal); desta forma é colocado no planeamento diário, quando deve ser recolhido o produto e entregue à TPA. Consoante a recolha da produção para o cliente, é lançada, com uma certa antecedência, uma carta *Kanban* de produção (PIK), para quando for necessário entregar ao cliente um determinado produto, este se encontrar fabricado dentro do horário estabelecido.

Uma vez lançado um *Kanban* de produção (PIK) pelo nivelador, este irá dirigir-se para um lançador, em que todas as cartas contidas no mesmo serão produzidas pela regra FIFO (*First-In First-Out*), de forma a respeitar as ordens de fabrico do nivelador. Assim, quando o nivelador apresentar a necessidade de recolha e emitir uma carta *Kanban* de transporte (WIK), a necessidade pretendida estará produzida e pronta a ser entregue à TPA. Neste caso, a entrega de componentes produzidos é feita diretamente para a TPA, não sendo necessário armazenar os componentes num *Shopstock* no sistema, existindo apenas um canal de saída e outro de entrada de contentores vazios.

No entanto, como este processo se encontra condicionado por componentes vindos de processos produtivos anteriores, é preciso garantir que estes processos entregam ao sistema posterior os respetivos componentes necessários. Assim, passamos para o processo anterior, que se encontra numa zona intermédia do ciclo do produto. Este inicia-se com a emissão de um *Kanban* de transporte (WIK) com as necessidades do processo *à posteriori*, que fará com que o operador logístico efetue a recolha do pedido do *Shopstock* e o entregue no processo seguinte. Está previsto que este será retirado do *Shopstock* consoante as necessidades do processo seguinte (segundo o *Takt-Time* da linha seguinte), pelo que quando for retirado um componente é lançada uma carta de produção (PIK) para o *Bax Bulding Box* (BBB) e apenas é emitida para o lançador de produção quando ocorra a acumulação do número de cartas previamente definido. Por fim, quando o lote se encontrar completo, é emitido o conjunto de cartas (respeitantes ao mesmo produto) para o lançador e efetuada a sua produção e a reposição (do que foi retirado) no *Shopstock*. Visto que é feita a reposição do que é consumido neste processo, podemos garantir que todas as referências se encontram disponíveis para, que assim, possa ocorrer uma futura recolha.

Deste modo, no caso deste ultimo sistema apresentado, a produção encontra-se a produzir por lotes dos mesmos componentes de forma sequencial. Consiste num processo cíclico, que tem por objetivo a redução dos tempos causados pela troca de ferramenta (*Change Over*), garantindo que a variação ou troca de modelos ocorra com menor frequência.

3.2.2. METODOLOGIA ADOTADA

No seguimento do funcionamento dos sistemas Kanban e respetivos fluxos é necessário proceder à implementação de uma ferramenta para auxiliar o fluxo do *Pull System* – o *Kanban*, de forma a estabelecer um fluxo de informação com sentido contrário à da produção. Esta ferramenta tem como principal objetivo informar, ao processo anterior, quais são as necessidades do sistema seguinte e, assim estabelecer a ordem de fabrico em todo o sistema através das necessidades do cliente final. Assim, torna-se claro, que seja preciso garantir que o sistema é informado sobre o que deve produzir, ao longo de todo o ciclo produtivo, sendo necessário garantir que existam cartas suficientes para manter esta troca de informação. Portanto, tem que se calcular o número de cartas *Kanban's* precisas para que exista o reabastecimento das mesmas, no caso de o processo se encontrar a produzir a mesma referência continuamente, ou seja, quando não ocorra mudança de modelo.

O último sistema do fluxo produtivo consiste na entrega de componentes ao cliente final (**processo final de fluxo**), estando a produção diária previamente planeada e distribuída pelo nivelador, sendo fundamental que as necessidades estejam completas na hora estipulada. Conclui-se assim, que o fator mais importante para a implementação seja o Tempo de Reação do Sistema, uma vez que este representa o tempo total desde a emissão da carta PIK (efetuado o pedido) e a respetiva conclusão da produção pedida pela mesma carta (resposta ao pedido).

Recolhendo alguma informação básica da linha produtiva, desde postos de trabalho (MOD), componentes no processo (WIP) e o tempo de ciclo da linha (TC), é possível efetuar o cálculo do Tempo de Reação. O esquema seguinte (Figura 14) simplifica o ciclo do sistema sendo possível subdividir o Tempo de Reação do Sistema nos quatro períodos seguintes:

- ✓ *Lead Time 1*: que consiste o período de tempo desde que o *Kanban* de produção é emitido pelo nivelador até que se encontra no lançador à espera que seja produzido (estando representado na Figura 14 como o intervalo entre o ponto 1 e 2); pode ser calculado a partir da seguinte fórmula:

$$Lead\ Time\ 1 = TC_{medio} \times (WIP + MOD) + TC_{medio} \times (N^{\circ}Peças\ por\ Contentor - 1)$$

- ✓ *Lead Time 2*: representa o intervalo de tempo que a produção demora a produzir um contentor completo (estando representado no ciclo desde o ponto 3 e 4); e é calculado da seguinte forma:

$$Lead\ Time\ 2 = TC \times (WIP + MOD) + TC \times (N^{\circ}Peças\ por\ Contentor - 1)$$

- ✓ Mudança Rápida de Ferramenta (C/O): representa o tempo gasto em trocas de modelo do sistema, ou seja, o intervalo de tempo entre o fim de produção de uma certa referência até ser iniciada a produção de outra referência diferente.
- ✓ Tempo de Espera Logístico (TEL): consiste no tempo máximo que o operador demora a recolher os pedidos das necessidades do processo em questão, até concretizar a sua entrega (estando representado pelo intervalo entre os pontos 2 e 3).

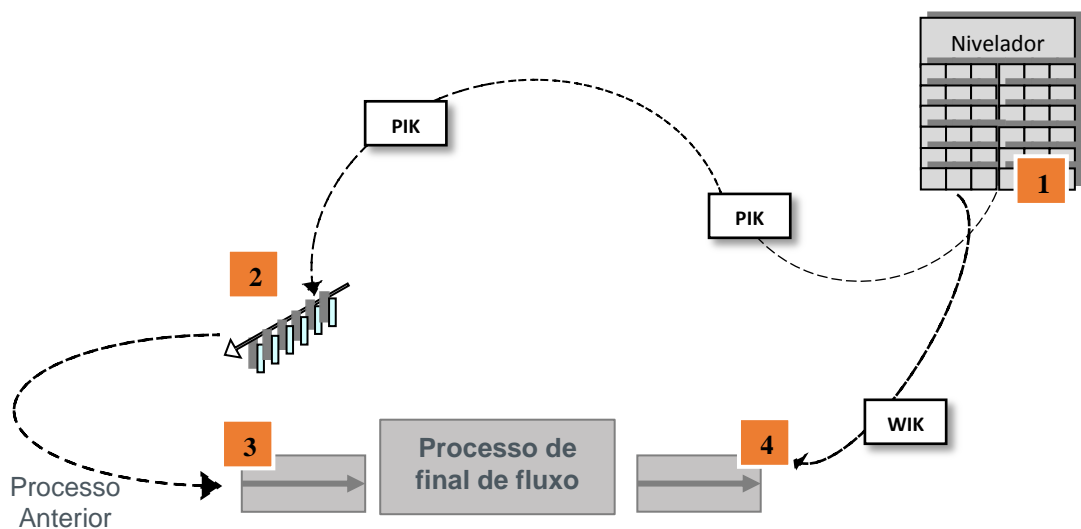


Figura 14 - Esquematisação do ciclo *Kanban* num processo de final de fluxo

Desta forma, o Tempo de Reação corresponde ao tempo total do ciclo apresentado, corresponde ao tempo que o sistema demora a proceder desde a emissão de uma “ordem de produção” (*Kanban* de produção) até a que esta seja produzida (número de componentes contidos no *Kanban*); é calculado através do somatório dos tempos anteriormente apresentados:

$$Tempo\ de\ Reacção = LT1 + LT2 + TEL + C/O$$

Após ser calculado o Tempo de Reação do sistema, é possível proceder ao cálculo dos *Kanban*'s necessários, estando este relacionado com o tempo efetivo de produção (Lead Time 2). É necessário um número mínimo de cartas *Kanban*, visto que existe a possibilidade de o nivelador ordenar o fabrico da mesma referência, sem troca de modelo, e estas cartas consigam voltar ao local de emissão sem parar com a troca de informação. Portanto, o número de *Kanban*'s mínimo é

a relação entre o Tempo de Reação do sistema e o tempo da sua produção, como podemos observar na seguinte fórmula:

$$N^{\circ} \text{ Kanban} = \text{ARREDON. EXCESSO} \left(\frac{\text{Tempo de Reacção}}{\text{Lead Time 2}} \right)$$

A partir desta metodologia obtém-se o número de *Kanban's* necessários para garantir o funcionamento do fluxo de informação, estando este sistema pronto para responder a todas as necessidades do cliente final. Mas, para além deste processo produtivo de final de linha, é fundamental aplicar esta metodologia aos restantes processos e, desta forma, criar um fluxo harmonizado perante todos os processos fabris.

Por conseguinte, é fulcral analisar do processo fornecedor (**processo intermédio de fluxo**), que se encontra anteriormente ao processo referido em cima, uma vez que este possui configurações distintas. Sendo um processo que possui variações entre os tempos de mudança de ferramenta (C/O) e apresenta tempos de abertura distintos entre a linha de cliente e fornecedor, é necessário que exista no processo um *Shopstock*, para garantir que os componentes se encontrem permanentemente disponíveis. Logo, outra característica deste processo será a utilização de *Bax Bulding Box* (BBB) com o intuito de formação de lotes e, consequentemente, a produção em lotes sequencial.

Portanto, como se trata de um processo que fornece componentes, o ritmo da produção será definido através das necessidades do processo seguinte e é calculado através do *Tatk-Time*, como podemos observar na fórmula seguinte:

$$\text{Tatk} - \text{Time} = \frac{\text{Tempo de Abertura do Cliente}}{N^{\circ} \text{ médio de peças pedidas pelo cliente}}$$

Para além disso, uma vez utilizado o BBB neste processo, é preciso calcular o número de cartas necessários para a formação do lote, sendo previamente obrigatório proceder ao cálculo de peças por lote e, uma vez atingindo este valor, serem encaminhadas para o lançador. O número de cartas é calculado da seguinte forma:

$$N^{\circ} \text{ cartas no BB} = \frac{\text{Total de peças por Lote}}{N^{\circ} \text{ peças contentor}}$$

Em que:

$$\text{Total peças por lote} = \frac{\text{Tempo de SMED} \times \text{C/O por Tempo de Abertura}}{\text{Tempo Ciclo}}$$

Tendo conhecimento a que ritmo é necessário produzir para que o produto esteja pronto para assim ser entregue ao cliente (processo seguinte), o passo seguinte é calcular o Tempo de Reação deste sistema, sendo um pouco mais complexo que o anteriormente apresentado. Encontra-se esquematizado na Figura 15. Mas de forma a simplificar, será dividido em cinco períodos diferentes, sendo estes:

- ✓ *Lead Time 1*: representa o período de acumulação de cartas no BBB, isto é, desde que é emitida a primeira carta de produção, de certo produto, até se completar o lote de cartas (representado o intervalo do ponto 1 e ponto 2), podendo ser calculado da seguinte forma:

$$\text{Lead Time 1} = \frac{\text{Num cartas BBB} \times \text{Tempo Abertura Cliente}}{\text{Procura}}$$

- ✓ *Lead Time 2*: uma vez encaminhado o conjunto de cartas para o lançador, estes terão de aguardar que sejam recolhidas para serem produzidas (consiste no intervalo entre o ponto 3 e 4), de forma a manter o sequenciamento das necessidades. Se o número de clientes aumentar, o tempo de espera no lançador será menor. Uma vez lançadas, o tempo médio por referência a ser recolhida é feita através de:

$$\text{Lead Time 2} = (N^{\circ} \text{ Total de Clientes}) \times TC_{\text{medio}} \times \text{Peças BBB}_{\text{medio}} \times (1 + 0,1)$$

Em que o valor de 0,1 (10%) representa a percentagem de tempo, considerada pela organização, que é gasto em trocas de modelo para qualquer das linhas produtiva (C/O). Para além disso, pode existir mais que um processo (cliente) a recolher estas cartas, fazendo variar o tempo de espera das cartas no lançador.

- ✓ *Lead Time 3*: representa o tempo total da produção de um contentor, ou seja, o tempo de produzir o pedido contido no *Kanban* (ilustra o intervalo entre o ponto 4 e 5), e é calculado através de:

$$Lead\ Time\ 3 = TC \times (MOD + WIP) + TC \times (N^o\ Peças\ por\ Contentor - 1)$$

- ✓ Tempo de Espera Logístico (TEL): que, como já foi referido anteriormente, representa todo o tempo de recolha e entrega de componentes de um processo para outro, sendo este tempo importante devido à movimentação do *Kanban* de transporte (PIK) que informa as necessidades do processo seguinte.
- ✓ Tempo de Mudança Ferramenta (C/O): consiste no tempo gasto em mudanças de ferramenta da linha em questão, podendo ser diferente consoante a alteração de modelo; no entanto, considera-se a troca com o período mais elevado.

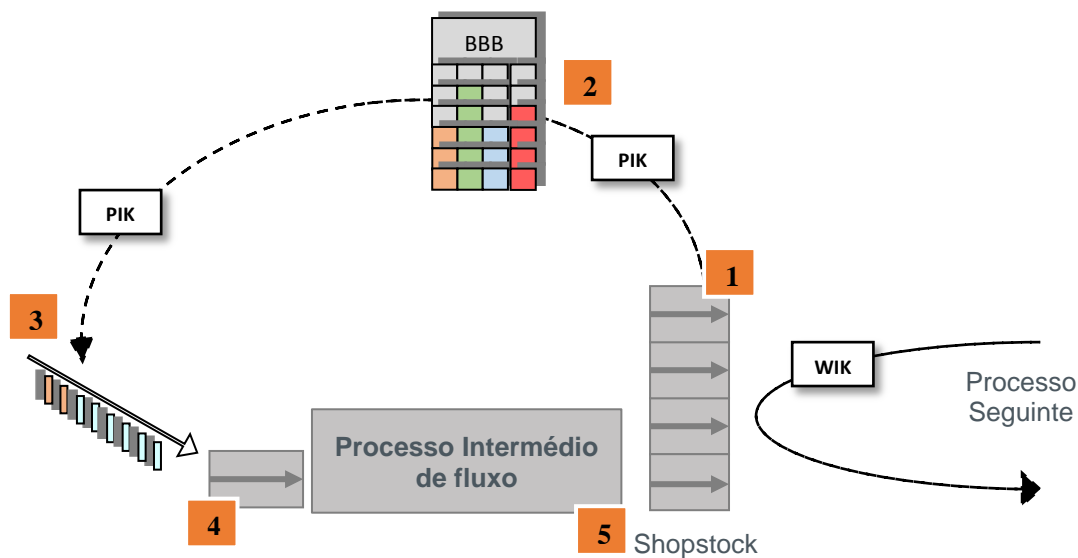


Figura 15 - Esquematização do ciclo *Kanban* no Processo Intermédio de Fluxo

Por fim, o somatório destes tempos apresentados anteriormente representa a duração que o sistema demora a receber, produzir e entregar o pedido referente à procura do processo que se encontra à sua frente no fluxo produtivo; representa-se da seguinte maneira:

$$Tempo\ de\ Reacção = LT1 + LT2 + LT3 + TEL + C/O$$

Desta forma, para garantir que o sistema não tem paragens devido à falta de informação do que deve produzir para fornecer ao processo que efetuou o pedido, é necessário um número mínimo de cartas *Kanban* e este deve ser calculado através de:

$$N^{\circ}Kanban = ARREDON.CIMA \left(\frac{Tempo\ de\ Reacção}{Takt - Time \times N^{\circ}Peças\ por\ Contentor} \right)$$

E, conseqüentemente, podemos calcular o número de peças no *Shopstock* por produto, de forma prever o espaço que será ocupado e, se possível, otimizá-lo, agrupando os produtos com baixa procura (*Low-Runners*) e reduzindo o número de pistas. É calculado através da seguinte fórmula:

$$N^{\circ}Peças\ Shopstock = N^{\circ}Kanban \times N^{\circ}Peças\ por\ Contentor$$

Após o processamento destes passos, obtém-se o número mínimo de cartas *Kanban* para iniciar a utilização da ferramenta e, assim, implementar o *Pull System* no sistema, informando o planeamento diário concreto (no final de linha) e estabelecendo a ligação de informação para as restantes áreas produtivas. Para além de se conseguir equilibrar a produção dos variados processos constituintes do ciclo do produto, calculando exatamente os *stocks* necessários, o sistema ganha flexibilidade, ou seja, consegue dar resposta a variações repentinas da procura e previne a ocorrência de falta de abastecimentos, visto que, como já existe a previsão de fabrico (por parte do nivelador), sabe-se que componentes têm que se abastecer na linha, podendo ser entregues no momento da sua utilização.

3.2.3. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Como já foi referido anteriormente, o sistema *Kanban* funciona no sentido contrário ao fluxo de produção, pelo que será abordado inicialmente o último processo e calculado a quantidade de *Kanban's* necessários para o mesmo. Assim, inicialmente será feita a aplicação de *Kanban* na linha de Montagem – Linha 1 (linha de final do ciclo) e, posteriormente, à linha de Soldadura – Linha 1 (linha intermédia do ciclo).

Com o objetivo de utilizar as metodologias anteriormente apresentadas para perceber a quantidade de cartas *Kanban* necessárias, é preciso definir primeiro alguns aspetos gerais sobre o sistema. Assim, é necessário definir o Tempo de Abertura, tanto do Fornecedor como do Cliente e o Tempo de Mudança de Ferramenta (*Change Over*). Outro tempo a considerar, será o Tempo de Espera Logística, que corresponde ao pior tempo possível que os componentes podem aguardar no *Shopstock* de recolha até à sua entrega na área de produção. Consideramos cerca de uma hora, uma vez que pode estimar meia hora à espera da recolha por parte da logística e meia hora em espera no processo seguinte até que seja produzido.

	Soldadura	Montagem
<i>Tempo de Abertura (processo em questão)</i>	2 Turnos = 15h	3 Turnos = 21h
<i>Tempo de Abertura Cliente (processo seguinte)</i>	3 Turnos = 21h	*entrega imediata à TPA
<i>Tempo de Espera Logístico (TEL)</i>	1 hora	1 hora
<i>Tempo de Mudança de Ferramenta (C/O)</i>	7 minutos	5 minutos

Tabela 1 - Dados gerais sobre as linhas do projeto

Para além desta informação, é preciso ter conhecimento sobre as necessidades a cumprir diariamente, para estabelecer a produção ao longo do ciclo produtivo, organizando antecipadamente o nivelador. Desta forma, as tabelas seguintes (Tabela 1 e Tabela 2) representam as necessidades diárias dos processos em questão, Montagem e Soldadura, respetivamente.

Produto	Procura
A ESQ	32
A DIR	32
B ESQ	84
B DIR	21
C ESQ	111
C DIR	46
D ESQ	96
D DIR	11
E ESQ	113
E DIR	17
F ESQ	17
F DIR	73
H ESQ	9
H DIR	85
I ESQ	11
I DIR	96
J ESQ	11
J DIR	96

Tabela 2 - Necessidades diárias na Montagem

Produto	Procura
A ESQ	32
A DIR	32
B ESQ	84
B DIR	21
C ESQ	111
C DIR	46
D ESQ	96
D DIR	11
EF ESQ	130
EF DIR	90
HI ESQ	20
HI DIR	181
I ESQ	11
I DIR	96

Tabela 3 - Necessidades diárias na Soldadura

MONTAGEM

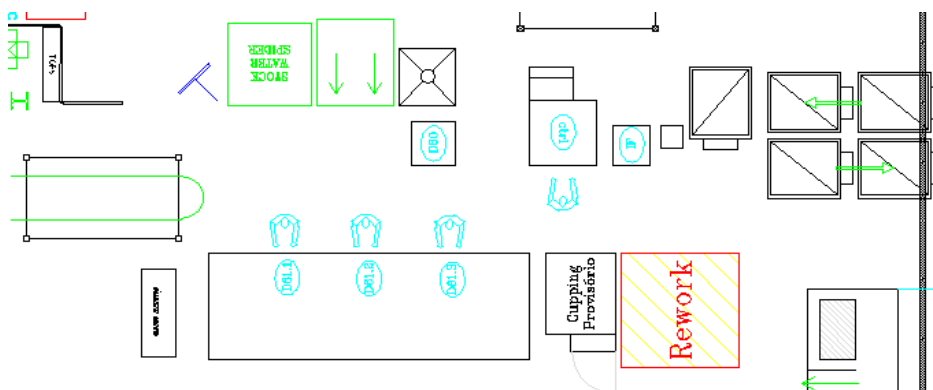


Figura 16 - Layout da Montagem

Desta forma, iniciamos o processo através da análise da linha em questão (Montagem), que se encontra na imagem anterior, de maneira a recolher os dados necessários para a complementação dos cálculos, como a Mão-de-Obra necessária (MOD) e os produtos que se encontram no processo para além dos operadores existentes – *Work in Progress* (WIP).

Para além destes dois elementos, é necessário recolher a informação sobre o Tempo de Ciclo (TC) da linha e, consoante os produtos fabricados, o número de peças por contentor. Assim, os valores inicialmente recolhidos foram os seguintes:

Produto	Pçs/cont	TC	WIP	MOD
A ESQ	6	90	2	4
A DIR	6	90	2	4
B ESQ	8	90	2	4
B DIR	8	90	2	4
C ESQ	8	90	2	4
C DIR	8	90	2	4
D ESQ	8	90	2	4
D DIR	8	90	2	4
E ESQ	8	100	2	4
E DIR	8	100	2	4
F ESQ	8	100	2	4
F DIR	8	100	2	4
H ESQ	8	100	2	4
H DIR	8	100	2	4
I ESQ	8	100	2	4
I DIR	8	100	2	4
J ESQ	8	100	2	4
J DIR	8	100	2	4
média		95,6		

Tabela 4 - Dados gerais sobre a Montagem

Após recolhidos os valores apresentados anteriormente, tem que se efetuar o cálculo do Tempo de Reação (TR) do sistema, por forma a determinar o intervalo de tempo após o nivelador lançar a carta de produção até que esta seja produzida. Assim, de forma detalha apresenta-se os cálculos para o produto **A ESQ**, como é visto de seguida:

$$\text{Lead Time 1} = TC_{\text{medio}} \times (WIP + MOD) + TC_{\text{medio}} \times (N^{\circ}\text{Peças por Contentor} - 1)$$

$$\text{Lead Time 1} = 95,6 \times (2 + 4) + 95,6 \times (6 - 1) = 990 \text{ segundos}$$

$$\text{Lead Time 2} = TC \times (WIP + MOD) + TC \times (N^{\circ}\text{Peças por Contentor} - 1)$$

$$\text{Lead Time 2} = 90 \times (2 + 4) + 90 \times (6 - 1) = 1051,1 \text{ segundos}$$

Além disso, deve ter-se em consideração o tempo relacionado com a Mudança de Modelo (C/O) e o Tempo de Espera Logístico, afetando o sistema com os seguintes valores:

$$\text{Mudança Rápida de Ferramenta (C/O)} = 5\text{min} \times 60\text{seg} = 300 \text{ segundos}$$

$$\text{Tempo de Espera Logístico (C/O)} = 1\text{h} \times 60\text{min} \times 60\text{seg} = 3600 \text{ segundos}$$

E, assim, calcular a capacidade de reação do sistema, através de:

$$\text{Tempo de Reacção} = LT1 + L2 + TEL + C/O$$

$$\text{Tempo de Reacção} = 990 + 1051,1 + 3600 + 300 = 5941 \text{ seg}$$

Por fim, é possível efetuar o cálculo do número mínimo de cartas Kanban necessárias para A ESQ:

$$N^{\circ} \text{ Kanban} = \text{ARREDON.EXCESSO} \left(\frac{\text{Tempo de Reacção}}{\text{Lead Time 1}} \right)$$

$$N^{\circ} \text{ Kanban} = \text{ARREDON.EXCESSO} \left(\frac{5941}{990} \right) = 7 \text{ cartas}$$

Aplicando as fórmulas aos restantes modelos obtém-se os seguintes resultados:

Produto	Pçs/cont	TC	WIP	MOD	Tempo de reacção (min)					Kanban	ARRED.EXCESSO (KANBAN)
					LT 1	LT2	TEL	C/O	TR		
A ESQ	6	90	2	4	990	1051,1	3600	300	5941	6,0	7
A DIR	6	90	2	4	990	1051,1	3600	300	5941	6,0	7
B ESQ	8	90	2	4	1170	1242,2	3600	300	6312	5,4	6
B DIR	8	90	2	4	1170	1242,2	3600	300	6312	5,4	6
C ESQ	8	90	2	4	1170	1242,2	3600	300	6312	5,4	6
C DIR	8	90	2	4	1170	1242,2	3600	300	6312	5,4	6
D ESQ	8	90	2	4	1170	1242,2	3600	300	6312	5,4	6
D DIR	8	90	2	4	1170	1242,2	3600	300	6312	5,4	6
E ESQ	8	100	2	4	1300	1242,2	3600	300	6442	5,0	5
E DIR	8	100	2	4	1300	1242,2	3600	300	6442	5,0	5
F ESQ	8	100	2	4	1300	1242,2	3600	300	6442	5,0	5
F DIR	8	100	2	4	1300	1242,2	3600	300	6442	5,0	5
H ESQ	8	100	2	4	1300	1242,2	3600	300	6442	5,0	5
H DIR	8	100	2	4	1300	1242,2	3600	300	6442	5,0	5
I ESQ	8	100	2	4	1300	1242,2	3600	300	6442	5,0	5
I DIR	8	100	2	4	1300	1242,2	3600	300	6442	5,0	5
J ESQ	8	100	2	4	1300	1242,2	3600	300	6442	5,0	5
J DIR	8	100	2	4	1300	1242,2	3600	300	6442	5,0	5
média		95,6									

Tabela 5 - Resultados do Tempo de Reacção e Número de Kanban necessário

Finalizando todos os passos necessários para identificar o número mínimo de cartas *Kanban* para o processo de Montagem, falta aplicar fisicamente esta ferramenta e manter a sua monitorização do seu funcionamento, mas, deverá ser aplicado também no processo anterior, uma vez que a Montagem tem necessidades vindas da Soldadura.

SOLDADURA

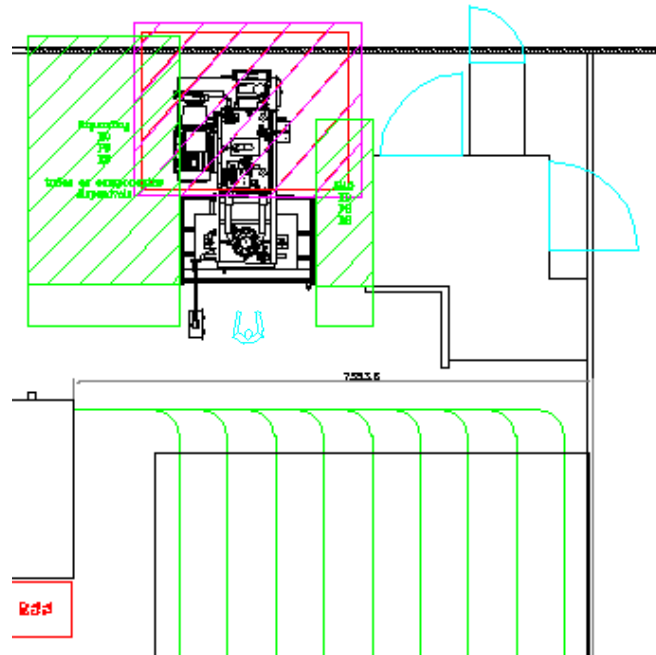


Figura 17 - Layout da Soldadura

O processo da Soldadura é o único fornecedor da Montagem, fazendo com que as necessidades da Montagem sejam refletidas quase directamente para este processo, como podemos observar na tabela anterior (Tabela 1 e Tabela 2). São analisadas as informação gerais como a Mão-de-Obra (MOD) e os componentes no processo (WIP), encontrando-se representado o *layout* do processo na figura anterior (Figura 17).

Adicionalmente, tem que se recolher informação sobre os Tempos de Ciclo (TC) para cada modelo, e a respetiva capacidade dos ganchos, onde serão transportadas as estruturas soldadas para a Montagem, sendo necessário estabelecer o *Tatk-Time*, de forma a determinar o ritmo a que é retirado do processo certa referência, ou seja, o ritmo a que é consumida. Assim, ao sinal do *Tatk-Time*, é emitido uma carta *Kanban* para o *Batch Building Box*, pelo que tem que se estabelecer o tamanho dos lotes e o número de cartas correspondente. De seguida, um exemplo do cálculo para **A ESQ** e, para concluir, uma tabela resumo (Tabela 5) com a informação dos restantes modelos.

$$Tatk - Time = \frac{\text{Tempo de Abertura do Cliente}}{\text{Nº médio de peças pedidas pelo cliente}} = \frac{21}{32} = 0.66 \text{ horas}$$

$$\text{Total peças por lote} = \frac{(\text{Tempo de SMED}) \times \text{C/O por Tempo de Abertura}}{\text{Tempo Ciclo}}$$

$$Total\ peças\ por\ lote = \frac{(7min \times 60seg) \times (1 + 0,1)}{60} = 70\ peças$$

$$N^{\circ}\ cartas\ no\ BBB = \frac{Total\ de\ peças\ por\ Lote}{N^{\circ}\ peças\ contentor} = \frac{70}{12} = 6\ cartas$$

						Batch Bulding Box	
Produto	Procura	MOD+WIP	Pçs/cont	TC	Takt Time	Total Peças	Nº cartas
A ESQ	32	4	12	60	0,66	70	6,0
A DIR	32	4	12	60	0,66	70	6,0
B ESQ	84	4	16	60	0,25	70	5,0
B DIR	21	4	16	60	1,00	70	5,0
C ESQ	111	4	16	60	0,19	70	5,0
C DIR	46	4	16	60	0,46	70	5,0
D ESQ	96	4	16	60	0,22	70	5,0
D DIR	11	4	16	60	1,91	70	5,0
EF ESQ	130	4	16	75	0,16	56	4,0
EF DIR	90	4	16	75	0,23	56	4,0
HI ESQ	20	4	16	75	1,05	56	4,0
HI DIR	181	4	16	75	0,12	56	4,0
I ESQ	11	4	16	75	1,91	56	4,0
I DIR	96	4	16	75	0,22	56	4,0
media:				66	media:	64	

Tabela 6 - Dados gerais da linha e do *Batch Bulding Box* na Soldadura

Com os valores apurados anteriormente, o próximo passo será o cálculo do Tempo de Reação (TR) do sistema e, como foi feito antes, este é dividido em cinco componentes, estando de seguida apresentados o cálculo, em detalhe, apenas para o modelo de **A ESQ**:

$$Lead\ Time\ 1 = \frac{Num\ cartas\ BB \times Tempo\ Abertura\ Cliente}{Procura} = \frac{6 \times 21}{32} = 45,94\ horas$$

$$Lead\ Time\ 2 = N^{\circ}Clientes \times TC_{medio} \times Peças\ BBB_{medio} \times (1 + 0,1)$$

$$Lead\ Time\ 2 = \frac{1 \times (67seg) \times 64}{3600seg} \times (1 + 0,1) = 1,30\ horas$$

$$Mudança\ de\ Ferramenta\ (C/O) = \frac{7min}{60seg} = 0.08\ horas$$

$$Lead\ Time\ 3 = TC \times (MOD + WIP) + TC \times (N^{\circ}\ Peças\ por\ Contentor - 1)$$

$$Lead\ Time\ 3 = \frac{(60seg \times 4) + (60seg \times (12 - 1))}{3600seg} = 0.25\ horas$$

$$Tempo\ de\ Reacção = LT1 + LT2 + C/O + LT3 + TEL$$

$$Tempo\ de\ Reacção = 45,94 + 1,30 + 0.08 + 0.25 + 1 = 48,60\ horas$$

Produto	Procura	MOD+WIP	Pçs/cont	TC	Takt Time	Tempo Reação (h)					
						LT 1	LT 2	C/O	LT 3	TEL	TR
A ESQ	32	4	12	60	0,66	45,94	1,30	0,12	0,250	1	48,60
A DIR	32	4	12	60	0,66	45,94	1,30	0,12	0,250	1	48,60
B ESQ	84	4	16	60	0,25	17,50	1,30	0,12	0,317	1	20,23
B DIR	21	4	16	60	1,00	70,00	1,30	0,12	0,317	1	72,73
C ESQ	111	4	16	60	0,19	13,24	1,30	0,12	0,317	1	15,98
C DIR	46	4	16	60	0,46	31,96	1,30	0,12	0,317	1	34,69
D ESQ	96	4	16	60	0,22	15,31	1,30	0,12	0,317	1	18,04
D DIR	11	4	16	60	1,91	133,64	1,30	0,12	0,317	1	136,37
EF ESQ	130	4	16	75	0,16	9,05	1,30	0,12	0,396	1	11,86
EF DIR	90	4	16	75	0,23	13,07	1,30	0,12	0,396	1	15,88
HI ESQ	20	4	16	75	1,05	58,80	1,30	0,12	0,396	1	61,61
HI DIR	181	4	16	75	0,12	6,50	1,30	0,12	0,396	1	9,31
I ESQ	11	4	16	75	1,91	106,91	1,30	0,12	0,396	1	109,72
I DIR	96	4	16	75	0,22	12,25	1,30	0,12	0,396	1	15,06
media:					66						

Tabela 7 - Resultados obtidos do Tempo de Reação para Soldadura

Assim, determina-se o tempo de ciclo de uma carta *Kanban*, isto é, a velocidade a que o sistema consegue responder à reposição de uma certa referência no *Shopstock* para responder às necessidades do processo seguinte. E, consequentemente, após designar o Tempo de Reação do sistema (TR) para todos os componentes, temos todas as variáveis necessárias para a continuação do cálculo do número mínimo de *Kanban*; de seguida o exemplo da referência, anteriormente já descrito (A ESQ):

$$N^{\circ}Kanban = ARREDON.CIMA \left(\frac{Tempo\ de\ Reacção}{Takt - Time \times N^{\circ}\ Peças\ por\ Contentor} \right)$$

$$N^{\circ}Kanban = ARREDON.CIMA \left(\frac{48.60}{0.66 \times 12} \right) = 7\ cartas$$

Da mesma forma, é calculado para o resto dos componentes o número de cartas necessárias para o ciclo funcionar de forma fluida e equilibrada e também o número peças que o

Shopstock terá de armazenar, ajudando assim, a tomada de decisão em relação ao espaço direcionado para tal. É apresentado, abaixo, o cálculo para o Número de Peças no *Shopstock* e um resumo (Tabela 7) específico para o número de *Kanban's* e número de peças de todos os componentes deste sistema:

$$N^{\circ} \text{ Peças Shopstock} = N^{\circ} \text{ Kanban} \times N^{\circ} \text{ Peças por Contentor} = 10 \times 12 = 120 \text{ pçs}$$

Produto	Procura	Pçs/cont	TC	Takt Time	Tempo de Reação (h)	Kanban loop	
						Nº Peças	Nº Cartas
A ESQ	32	12	60	0,66	48,60	84	7,0
A DIR	32	12	60	0,66	48,60	84	7,0
B ESQ	84	16	60	0,25	20,23	96	6,0
B DIR	21	16	60	1,00	72,73	80	5,0
C ESQ	111	16	60	0,19	15,98	96	6,0
C DIR	46	16	60	0,46	34,69	80	5,0
D ESQ	96	16	60	0,22	18,04	96	6,0
D DIR	11	16	60	1,91	136,37	80	5,0
EF ESQ	130	16	75	0,16	11,86	80	5,0
EF DIR	90	16	75	0,23	15,88	80	5,0
HI ESQ	20	16	75	1,05	61,61	64	4,0
HI DIR	181	16	75	0,12	9,31	96	6,0
I ESQ	11	16	75	1,91	109,72	64	4,0
I DIR	96	16	75	0,22	15,06	80	5,0
media:			66				

Tabela 8 - Resultados obtidos para o Número de Kanban necessários para Soldadura

Com o apuramento dos cálculos para aplicação do *Kanban* no sistema, tem que se proceder à sua implementação nos processos produtivos e, de certa forma, monitorizar o seu funcionamento. A partir da utilização desta ferramenta obteve-se uma melhoria na transmissão de informação entre processos e uma melhor gestão de *stock*, para além de proporcionar uma melhor gestão visual.

O objetivo passa por reduzir a variabilidade, uma vez que se pode tratar de ocorrências que não se sucedem em todos os ciclos do processo ou de operações que não acrescentam valor no produto final; este deve ser calculado através da seguinte equação:

$$\text{Variabilidade (\%)} = \frac{\text{Tempo Máximo} - \text{Tempo Mínimo}}{\text{Tempo Mínimo}} \times 100$$

E aplicando esta fórmula ao exemplo anteriormente representado, obteve-se que, no posto D61.3, a variabilidade é igual a 17,27%. Isto representa, por exemplo, a libertação de resíduos da rebitadora, que obriga o operador a deslocar-se para um local apropriado para tal, ou às trocas de caixa vazias, que o força a movimentos desnecessários no seu posto.

$$\text{Variabilidade (\%)} = \frac{129 - 110}{110} \times 100 = 17.27 \%$$

A melhoria do processo através da redução de variação e eliminação de fontes de desperdício, envolve uma interpretação da situação atual do sistema, avaliando as possíveis mudanças que irão ser aplicadas e prevendo os efeitos posteriores a essas alterações. O ideal será adquirir uma melhor compreensão do processo, consoante os diferentes modelos produzidos, e identificar as variáveis comuns entre eles e reduzi-las posteriormente. Mesmo quando aplicados os novos parâmetros, o processo continua constantemente sujeito a modificações, ou seja, o sistema vai sofrendo pequenas iterações que visam a uma melhoria continua a longo prazo.

Portanto, foram retirados tempos de todos os postos do processo, analisando assim a variabilidade de cada um e as suas causas para, futuramente, averiguar as opções de melhoria e a sua viabilidade, eliminando o desperdício do processo em geral, ou seja, as variáveis que não criam qualquer valor para o sistema. De seguida, encontra-se a esquematização do fluxo produtivo ao longo dos postos de trabalho, de ambos processos (Montagem e Soldadura), e o resultado dos tempos cronometrados, encontrando-se, em detalhe, as tarefas e respetivos tempos: ver Anexos I e II.

MONTAGEM

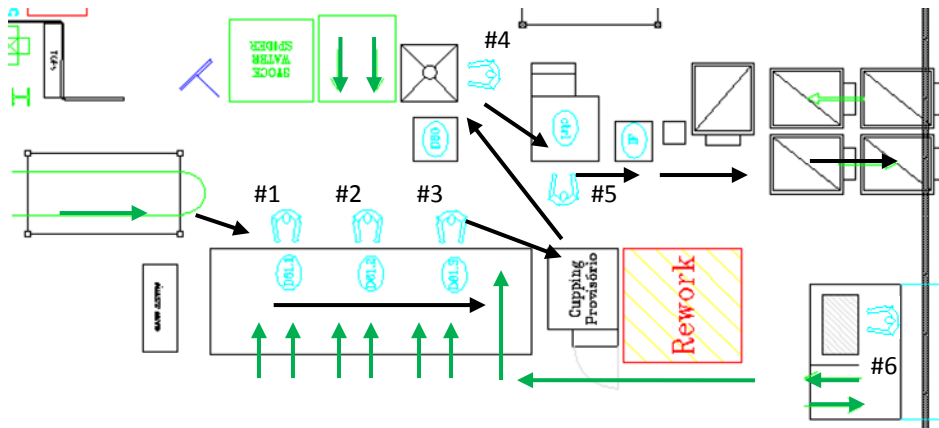


Figura 18 - Fluxo produtivo (preto) e fluxo de abastecimentos (verde) na Montagem

Como podemos observar na figura anteriormente apresentada, é possível fazer uma breve sequência entre os diferentes postos e operadores e as tarefas efetuadas em cada um:

1. Operador #1:

- a) O processo nesta área produtiva inicia-se no posto D61.1;
- b) Este operador inicia o processo fazendo uma leitura de um código de barras associado à referência que irá produzir, executando esta tarefa apenas no início de cada contentor, isto é, quando passa pelo aquele posto de trabalho a primeira peça do respetivo contentor; esta tarefa é considerada variável, mas necessária;
- c) Assim, o operador recolhe as correções e encaixa-as no suporte específico ao modelo em fabrico e, de seguida, desloca-se ao *EsyPro* (Figura 21) para recolher a estrutura do assento, vinda da Soldadura, unindo-as às correções anteriormente montadas;
- d) Pega no leitor e efetua a leitura de ambas as correções (esquerda e direita) e da estrutura MAG;
- e) De seguida, monta e procede à rebitagem de 4 rebites, que exige a necessidade da elevação da ferramenta entre os 2 rebites traseiros e dianteiros;
- f) Voltando a ferramenta à posição original, ocorre a leitura do código de barras do motor *Tilt* e a montagem deste, apontando o parafuso que suporta este motor;
- g) Finalizando estas tarefas, reencaminha o suporte e o subconjunto nele contido, para o posto seguinte, D61.2, inicializando as suas tarefas a partir do ponto a).

2. Operador #2:

- a) Neste posto, o operador roda a palete, procedendo à lubrificação do mecanismo nano e à sua montagem apontando 3 parafusos;
- b) Utilizando um mecanismo de fixação, que força a estrutura a uma ligeira elevação, que após serem aparafusados 3 parafusos, é retirada, voltando o suporte à sua posição inicial;
- c) Em seguida, aparafusa o motor *Tilt* que tinha sido apontado anteriormente pelo operador #1 e, assim, reencaminha o assento para o posto seguinte, D61.3, recomeçando o seu ciclo de novo;

3. Operador #3:

- a) Recebendo o suporte com a estrutura, o operador monta 2 suportes de plástico e procede à montagem manual da barra de torção, que depois é sujeita a um dispositivo para a inserção final da barra;
- b) Assim, ocorre a preparação da coquilha, previamente soldada na Soldadura Manual, que consiste na colocação da feutrine e spray em ambos as extremidades da coquilha (direita e esquerda);
- c) Depois, coloca-se a coquilha na estrutura, procedendo ao aparafusamento da coquilha à estrutura, e sucede-se à rebitagem de 2 rebites;
- d) De seguida, ocorre a montagem do palonier que sofrerá um teste de deslizamento, só após a obtenção de resultado positivo, é impressa e lida uma etiqueta, colada no subconjunto;
- e) O operador retira o assento do posto e desloca-se até ao *Cupping*, onde se verifica deformação do tubo e posiciona a estrutura na ferramenta; inicia o funcionamento da máquina, carregando no *START*. Após isto, desloca-se ao seu posto de trabalho e inicia a sequência das suas tarefas;

4. Operador #4 (Gap Lider):

- a) À abertura do *Cupping*, este operador imprime uma etiqueta e cola-a na estrutura, fazendo de seguida a sua leitura, deslocando-se para o posto D71, que consiste na soldadura do mecanismo.
- b) Após a soldadura, agarra no componente e movimenta-se para o Controlo *Power*; aí aciona a inspeção, que consiste numa verificação do funcionamento do mecanismo elétrico que faz com que o banco se mova automaticamente. Posteriormente, desloca-se para o *Cupping*, reiniciando a sua sequência de tarefas.

5. Operador #5:

- a) Enquanto a ferramenta do Controlo *Power* (D66) se encontra em funcionamento, o operador executa a Inspeção Final ao banco do ciclo anterior (WIP=1), fazendo uma inspeção visual e marcando com caneta os pontos que devem ser observados bem como se estes se encontram segundo as conformidades ou não;
- b) Depois, faz a leitura do código de barras contido na etiqueta do banco, operação que provoca a contabilização de cada assento de determinado modelo; insere-o no contentor;
- c) Desloca-se então ao D66, onde irá colar a etiqueta na estrutura e acionar a betoneira; de seguida, fazer a leitura desta etiqueta e volta a acionar a betoneira. Por fim, retira o assento da ferramenta e coloca-a na mesa, procedendo de novo à sua inspeção, iniciando o seu ciclo.

6. Operador #6 (Soldador):

- a) Paralelamente ao ciclo em cima apresentado, este operador encontra-se no posto D62, Soldadura Manual, que consiste na soldadura de 3 arames à travessa. Esta é encaixada num gancho, que vai ser enviado para um carrinho e transportado para outro suporte correspondente ao abastecimento da coquilha para o posto D61.3, sendo transportados mais que um gancho de cada vez.

Para além da sequência das tarefas, existem operações que não ocorrem em todos os ciclos, mas como se tratam de tarefas com um grau elevado de ocorrência, devem ser considerados no ciclo total. É o caso, de, no posto inicial (D61.1), a cada oito assentos é feita uma leitura do código de barras, respetivo ao modelo correspondente à primeira peça de um contentor. Por consequente, no último posto (Inspeção Final), é feita a leitura do código de barras de uma carta *Kanban*, correspondente ao modelo, quando se encontra a inicializar a contentorização do contentor, sendo feita antes a leitura da primeira peça. Esta operação corresponde à abertura de um contentor no sistema informático, podendo apenas ser fechado no sistema quando for feita a leitura de todos os componentes correspondentes à capacidade total do mesmo contentor. Além disso, o operador #4 tem que proceder ao fecho do contentor e à troca por um contentor vazio, fazendo este tipo de tarefa com a mesma frequência que o processo anteriormente referido (capacidade do contentor).

Outro fator importante, são os abastecimentos dos componentes utilizados que, neste processo, se encontram à frente da linha, estando racionalizados de forma que cada posto, tenha ao seu dispor as peças que irão ser utilizadas (Figura 19). Estes componentes são abastecidos do

lado traseiro da linha de montagem pelo *WaterSpider*. Apenas as estruturas MAG, vindas da Soldadura, e a coquilha (Figura 20), vindas da Soldadura Manual (D62), se encontram a ser abastecidas no *EsyPro* (Figura 21) e no carrinho pelo *WaterSpider* (Figura 22).



Figura 19 - Posto D61.2



Figura 20 - Abastecimento das coquilhas em D61.3



Figura 21 - Local de abastecimento das estruturas soldadas na Montagem, vindas da Soldadura



Figura 22 - Carro de transporte das coquilhas de D62 para D61.3 (lado traseiro da linha)

Contudo, tem que se ter em atenção que, no caso do Gap Líder (operador #4), ele não se pode encontrar a trabalhar a cem por cento na linha, visto que tem a seu encargo outras funções

que não envolvem a parte produtiva, podendo funcionar apenas como o *backup* em caso de ausência de trabalhadores.

Concluindo, ao integrar o projeto, fez-se um balanço da situação inicial deste processo e obtiveram-se os seguintes resultados, retirados do Anexo I:

	OP / Mach.	OP	OP	OP	OP	OP	OP	Mach.		Total
	Name	SSA coq	D61-1	D61-2	D61-3	SSA Mec	IF	D66		
Operator	Mini w/o waiting	84,0	65,0	61,0	110,0	55,0	69,0			444,0
	Mean	90,1	70,3	66,3	115,9	57,2	79,5			479,2
	Max	98,0	82,0	71,0	129,0	60,0	86,0			526,0
Machine	Side1 Manual							18,0		
	Auto							15,0		
	Side2 Manual									
	Auto									
	Sum							33,0		

Tabela 10- Resumo dos tempos da situação inicial da Montagem

Pode analisar-se a variabilidade do processo no global:

$$Variabilidade (\%) = \frac{Tempo\ Maximo - Tempo\ Minimo}{Tempo\ Minimo} \times 100$$

$$Variabilidade (\%) = \frac{526 - 444}{444} \times 100 = 18,45\%$$

Para além da variabilidade global do sistema, também é possível calcular a percentagem das variáveis existentes em cada processo separadamente, para que, possa ser feita uma análise detalhada do sistema. Utilizando a mesma forma de calcular apresentada anteriormente, obteve-se os seguintes resultados:

Name	SSA coq	D61-1	D61-2	D61-3	SSA Mec	IF
V %	16,7%	26,2%	16,4%	17,3%	9,1%	24,6%

Tabela 11 - Percentagem da variabilidade dos postos de trabalho da Montagem

Para finalizar, procedeu-se à construção gráfica dos tempos recolhidos para cada posto, de forma a facilitar o processo de análise e o respetivo *Tatk-Time*, estipulado pela empresa para este sistema.

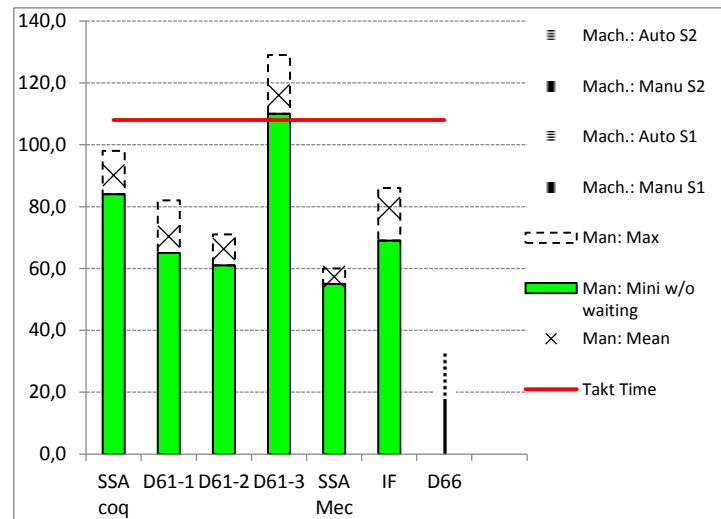


Figura 23 - Gráfico de tempos da situação inicial da Montagem'

Como se pode visualizar, o posto D61.3 encontra-se acima do *Takt-Time* estabelecido, tornando-se uma situação crítica e urgente a ser revolvida, fazendo com que a linha se encontre ao ritmo deste posto. Portanto, é a partir deste valor que é calculado a produção real do sistema, sendo obtida através de:

$$Produção\ por\ Hora = \frac{1\ Hora}{Tempo\ de\ Ciclo\ Máximo} = \frac{3600}{115.9} = 31.1\ peças\ /hora$$

Consequentemente, verificando-se a existência de uma discrepância nos tempos de ciclo dos postos existentes, compromete-se a entrega ao cliente do componente na devida hora estabelecida (devido aos tempos superiores ao *Takt-Time*) e tempos de espera frequentes entre postos. Posto que, todos os postos de trabalho, à exceção de D61.3, se encontram folgados comparativamente ao *Takt-Time*, tem que se reencaminhar tarefas do posto mais crítico para estes, reconduzindo à harmonia dentro do processo.

SOLDADURA

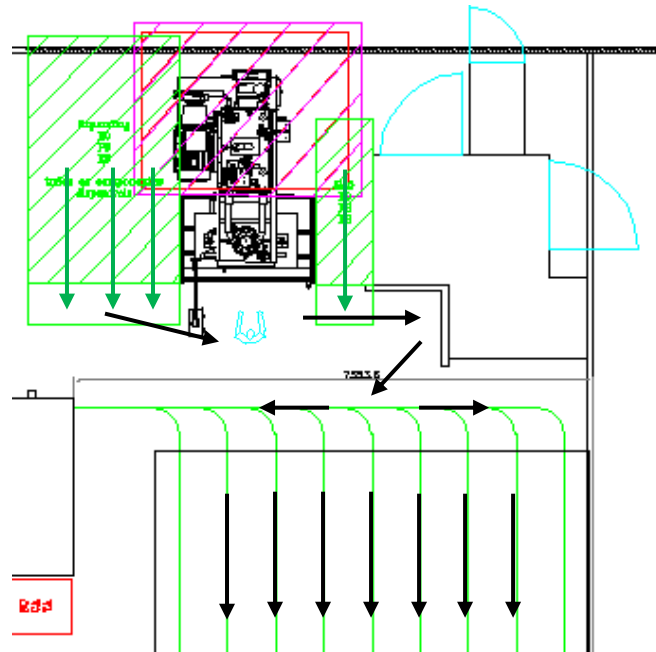


Figura 24 - Fluxo produtivo (preto) e fluxo de abastecimentos (verde) na Soldadura

Através da observando o esquema acima apresentado é possível verificar uma sequência para o processo de Soldadura, referindo de seguida as tarefas efetuadas neste sistema:

1. Operador #1:

- a) Inicialmente, o operador retira do *rack* de abastecimento (à esquerda na Figura 24) 2 anteparas (sendo necessário que as bielas sejam rodadas) e desloca-se para o *Expandig*. Retira o subconjunto anteriormente soldado no ciclo anterior e coloca-o no *rack* de abastecimento à sua direita, só podendo assim, colocar as anteparas na sua posição dentro do robot.
- b) Volta a deslocar-se para o *rack* de abastecimento, onde retira 2 tubos e insere-os na ferramenta, acionando de seguida o *Expanding*, operação que consiste na junção destes 4 componentes.
- c) Enquanto o *Expanding* se encontra em funcionamento, o operador pega na peça e desloca-se para a impressora que se encontra à esquerda da máquina, fazendo o autocontrolo visual ao mesmo tempo que se desloca. Chegando ao local da impressora, emite uma etiqueta e coloca-a na estrutura soldada.
- d) A caminho do próximo posto, MAG, o operador recolhe um suporte do *rack* de abastecimento correspondente ao posto e coloca essa peça no *robot*; também

posiciona a estrutura, tendo de voltar ao *rack* para retirar dois tubos e inseri-los na sua posição.

- e) Nesta ferramenta, sucede o mesmo que anteriormente referimos. Encontra-se um assento já soldado do ciclo anterior, concluindo assim, que este sistema se encontra a funcionar com mais dois produtos ao mesmo tempo. O operador retira essa estrutura e aciona o MAG, ocorrendo uma soldadura do tubo ligante.
- f) Fazendo o autocontrolo ao subconjunto final do sistema, coloca-o no gancho do *EsyPro* e votará à sua posição inicial, que será o *rack* de abastecimento do Expanding, reiniciando o ciclo do processo.

Como sucede na Montagem, ocorrem tarefas que não fazem parte do ciclo normal do processo da Soldadura. No entanto ocorrem com uma elevada frequência devem ser tomadas em consideração. É o caso de mover o gancho, quando completo (16 peças no assento C), para o caminho específico ao modelo em questão, considerando a frequência com que ocorre a capacidade do respetivo gancho.

Como já anteriormente foi feito, na altura inicial da linha detalhou-se um balanço da situação em que se encontrava. Apurou-se os seguintes tempos, retirados do Anexo II:

		OP / Mach.	OP	Mach.	Mach.	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	Total
		Name	Exp + MAG	EXP	MAG										
Operator	Mini w/o waiting	137,0													137
	Mean	148,4													148,4
	Max	164,0													164
Machine	Side1	Manual			15,0										
		Auto			20,0	37,0									
	Side2	Manual													
		Auto													
	Sum			20	52										

Tabela 12 - Resumo dos tempos da situação inicial da Soldadura

E, tratando-se de um sistema constituído apenas por um operador, a variabilidade do processo será igual à variabilidade específica deste posto. É calculado da seguinte maneira:

$$Variabilidade (\%) = \frac{Tempo\ Maximo - Tempo\ Minimo}{Tempo\ Minimo} \times 100$$

$$Variabilidade (\%) = \frac{164 - 137}{137} \times 100 = 19,7 \%$$

Para terminar, o gráfico seguinte mostra os resultados obtidos na cronometragem de tempos apurados na tabela anteriormente apresentada e o respetivo *Takt-Time*, estabelecido pela empresa para este processo.

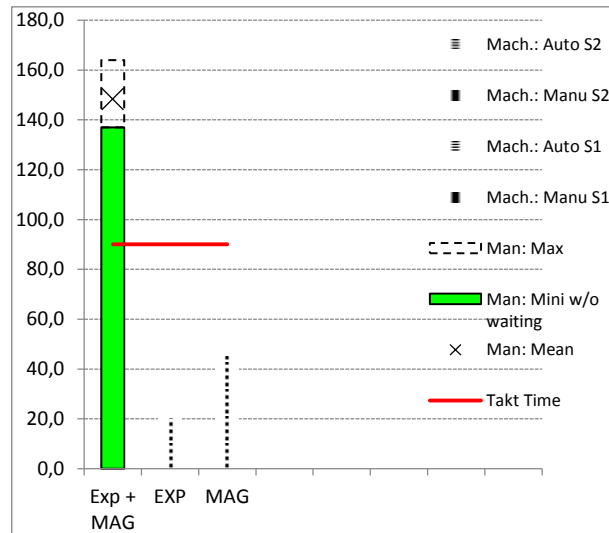


Tabela 13 - Gráfico de tempos da situação inicial da Soldadura

Estando perante um sistema com apenas um operador, a produção na Soldadura depende apenas e exclusivamente dele, sendo o seu tempo de ciclo a variável que estabelece o ritmo de produção e a quantidade de peças produzidas numa hora, e esta pode ser calculada através de:

$$Produção\ por\ Hora = \frac{1\ Hora}{Tempo\ de\ Ciclo\ Máximo} = \frac{3600}{148,4} = 24,3\ peças\ /hora$$

Mais uma vez, verifica-se o mesmo que na Montagem, encontrando-se o tempo de ciclo muito acima do *Takt-Time* pretendido, correndo grande risco de não conseguir cumprir com a produção diária necessária, provocando um colapso para os processos seguintes, uma vez que não irão existir componentes já soldados para serem enviados para a Montagem.

Concluimos que, em ambos os processos, encontram-se acima do *Takt-Time* estabelecido, fazendo com que as peças não sejam entregues no tempo estabelecido. Tal pode provocar uma venda perdida e, conseqüentemente, acumulação de *stock* (no caso de o cliente cancelar o pedido) ou ainda gastos acrescidos associados a entregas atrasadas. Deste modo, tem que se estabilizar o sistema, separando as tarefas igualmente entre os postos de trabalho e encontrar formas para diminuir o tempo de ciclo de todos os postos, criando no sistema alguma flexibilidade para

situações esporádicas, como avarias prolongadas, falta de componentes ou falta de recursos humanos.

Para além disso, ocorrem outro tipo de tarefas que não são tão frequentes e, desta forma, não implicam tanto peso no tempo total do ciclo do processo. São exemplos a troca de caixas vazias, a demora no arranque de funcionamento das máquinas, as deslocações desnecessárias, entre outras. No entanto, estas operações representam tarefas que não acrescentam valor ao processo, pelo que, a sua eliminação será um dos objetivos fundamentais do projeto, utilizando para o atingir, metodologias *Lean* e *5S*.

3.3.2. MÉTODOS APLICADOS

Para atingir processos mais eficientes, foram aplicadas modificações nos dois sistemas (Montagem e Soldadura). Essas propostas decorreram através de *brainstormings* e *workshops* e, por vias a simplificar a exposição de resultados, foram agrupadas varias transformações na mesma iteração, tornando mais visíveis os resultados alcançados de uma forma global.

MONTAGEM

1. Primeira Iteração

Através da decomposição do processo, conseguiu-se identificar as questões a serem melhoradas, sendo o elevado tempo de ciclo de D61.3 o maior problema. Assim, deve ser o primeiro a ser resolvido, fazendo uma deslocação de tarefas deste posto para os restantes. As modificações do sistema são as seguintes:

- a) Tarefa de colocação de feutrine na coquilha, executada em D61.3, passou a ser aplicada na Soldadura Manual da Coquilha (D62), pelo operador #5 e, com o objetivo de facilitar essa tarefa, foi criado um suporte com a capacidade para 5 coquilhas. Quando soldada uma coquilha, é colocada, uma a uma, no suporte e, quando o suporte estiver cheio, o operador coloca a feutrine na coquilha, encaixando-a de seguida no gancho, repetindo este processo para as restantes 4 coquilhas. Este suporte (Figura 25), para além de ter espaço para as coquilhas, possui um suporte onde se encaixa o rolo da feutrine (figura 26) e retira-se um pedaço de cada vez.
- b) Entrada do parafuso cónico em D61.3. Com a entrada deste novo componente, deixa de ser necessária a existência do posto D71, eliminando a soldadura do mecanismo e o operador correspondente a esta operação. Consequentemente, o fluxo do processo é alterado, fazendo com que a estrutura, após ser retirada do *Cupping* (agora feito pelo operador #4), seja reencaminhada diretamente para o Controlo *Power* (D66).
- c) Tarefa de elevação de ferramenta no posto D61.1 foi eliminada.
- d) O abastecimento de materiais pequenos correspondentes a cada posto na linha de montagem D61, em vez de ser abastecido em caixas de cartão ou em tubo pelo *WaterSpider*, passou a ser abastecido em pequenas caixas de metal (Figura 27), todas com as mesmas dimensões, sendo incorporados em cada posto, suportes para as colocar (Figura 28). Isto faz com que, os operadores não tenham de se “esticar” cada

vez que necessitam de algum componente, estando mais perto do seu alcance. Estas caixas encontrando-se vazias, são reenviadas para a parte traseira da linha, onde são reabastecidas numa mesa de apoio ao *WaterSpider* (Figura 29), com as componentes correspondentes à caixa vazia, sendo de novo, abastecida à linha.



Figura 25 - Suporte para coquilhas (direita) e para o rolo de feutrine (esquerda) no posto D62



Figura 26 - Rolo de feutrine



Figura 27 - Abastecimento dos componentes à linha (lado dianteiro da linha D61)



Figura 28 - Suportes para caixas de componentes (lateral aos postos de trabalho da linha D61)



Figura 29 - Mesa utilizada pelo *WaterSpider* para reabastecer as caixas de componentes

Devido às alterações efectuadas, teve que se voltar a fazer um balanço sobre a situação em que o sistema se encontra, fazendo novamente uma cronometragem aos postos. Foram obtidos os resultados que se encontram no Anexo III, retirando os valores mais relevantes que se encontram na tabela (Tabela 12) e representados visualmente no gráfico seguinte.

	OP / Mach.	OP	OP	OP	OP	OP	Mach.		Total
	Name	SSA coq	D61-1	D61-2	D61-3	IF	D66		
Operator	Mini w/o waiting	108,8	60,0	56,0	99,0	68,0			391,8
	Mean	115,2	67,5	61,3	105,7	78,2			428,0
	Max	124,4	80,0	68,0	115,0	83,0			470,4
Machine	Side1 Manual						18,0		
	Auto						15,0		
	Side2 Manual								
	Auto								
	Sum						33,0		

Tabela 14 - Resumo dos tempos da 1ª iteração da Montagem

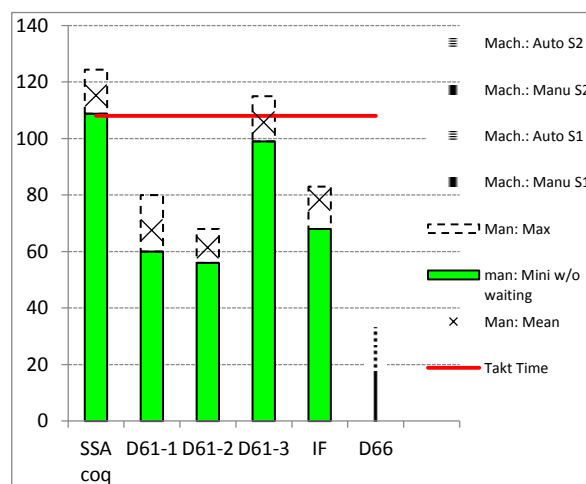


Figura 30 - Gráfico de tempos da 1ª iteração da Montagem

Apesar de se ter conseguido reduzir o tempo de ciclo para o posto de D61.3, ocorreu um aumento enorme no posto de Soldadura Manual devido, principalmente, à dificuldade na colocação da feutrine (existe dificuldade a retirar a feutrine de luvas e os pedaços do rolo da feutrine encontram-se colados entre si). No entanto, nos postos correspondentes à linha de montagem D61 ocorreu uma descida significativa dos tempos graças à alteração dos abastecimentos, passando os componentes a encontrar-se ao lado do operador e não à frente do posto de trabalho. Para além disso, é de notar que com o decorrer do tempo os operadores já se encontram familiarizados com o processo, tornando-se mais eficientes relativamente à situação inicial do sistema.

Por fim, podemos concluir que não ocorreu variação na produção diária da linha, visto que o ritmo do sistema se manteve igual (Tempo de Ciclo Máximo), como podemos observar através de:

$$\text{Produção por Hora} = \frac{1 \text{ Hora}}{\text{Tempo de Ciclo Máximo}} = \frac{3600}{115.2} = 31.3 \text{ peças /hora}$$

2. Segunda Iteração

Apesar de a iteração anterior não apresentar melhorias na produção diária, verificou-se reduções nos tempos de ciclo na maioria dos postos; contudo continua a ser necessário repensar uma solução para o posto de Soldadura Manual. Portanto é necessário proceder à segunda iteração, que envolve as seguintes alterações:

- a) Reformulação do suporte criado para a Soldadura Manual (D62). Foi feito um melhoramento ao suporte anteriormente criado, ou seja, a maneira de utilização continua a ser idêntica, mas no momento de retirar a feutrine, esta operação é auxiliada através de um pedal. Este pedal ajuda a feutrine a ir rodando e que a ponta do rolo se mantenha estável, auxiliando o processo de retirar a feutrine do rolo.
- b) Alteração do tempo de inspeção no posto D66 (Controlo *Power*), que representa a Inspeção *Power*, feita através de uma alteração de engenharia.
- c) Tarefa da colocação da barra manual e dos suportes de plásticos em D61.3 passou a ser executada em D61.

De modo a reavaliar a situação após esta iteração, é feito de novo a cronometragem dos tempos, que se encontram no Anexo IV, para, assim, retirar conclusões sobre os ganhos das alterações feitas.

	OP / Mach.	OP	OP	OP	OP	OP	Mach.		Total
	Name	SSA coq	D61-1	D61-2	D61-3	IF	D66		
Operator	Mini w/o waiting	97,2	60,0	73,0	88,0	70,0			388,2
	Mean	99,3	67,8	79,3	95,6	75,8			417,8
	Max	102,0	75,0	87,0	101,0	82,0			447,0
Machine	Side1	Manual					18,00		
		Auto					12,00		
	Side2	Manual							
		Auto							
	Sum						30,0		

Tabela 15 - Resumo dos tempos da 2ª iteração da Montagem

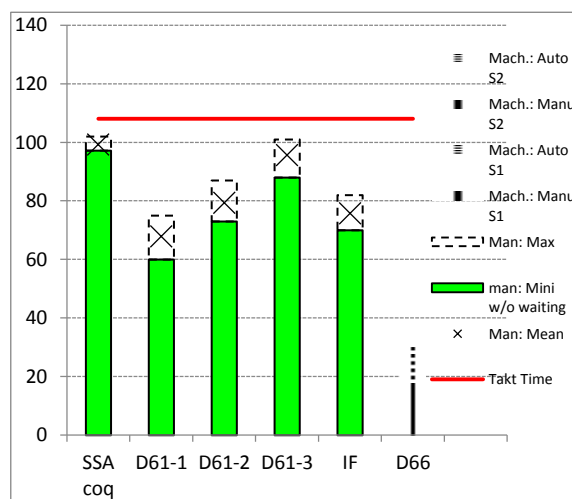


Figura 31 - Gráfico de tempos da 2ª iteração da Montagem

Como é possível visualizar, os tempos que ultrapassavam o *Takt-Time* estabelecido na linha foram reduzidos, passando a ser observados os prazos para efetuar as entregas ao cliente; se, futuramente, se conseguir reduzir ainda mais estes tempos, ocorre um ganho de flexibilidade. Para além desse aproveitamento, distribuindo as tarefas entre as linhas de montagem, esta alteração fez com que o sistema ficasse mais homogêneo, eliminando o excesso de tempos de esperas entre postos. Logo, será lógico que a capacidade de produção tenha aumentado, uma vez que o tempo de produção foi reduzido, podendo ser visto através do seguinte cálculo:

$$Produção\ por\ Hora = \frac{1\ Hora}{Tempo\ de\ Ciclo\ Máximo} = \frac{3600}{99,3} = 36,3\ peças\ /hora$$

SOLDADURA

1. Primeira Iteração

Comparativamente ao sistema anterior, este acomoda uma menor complexidade, estando envolvido apenas um operador. Através da análise do balanço inicial, podemos identificar que a maior dificuldade para o operador possuía era a quantidade de movimentações desnecessárias que efetuava. Contudo, as máquinas (uma vez implementadas recentemente) também tiveram problemas no seu arranque, demorando mais que o previsto inicialmente. Para solucionar estas dificuldades foram feitas as seguintes alterações:

- a) Colocação de um suporte por baixo do *Expanding*. O operador, para colocar todo o material necessário ao processo do *Expanding*, necessitava de fazer duas movimentações até ao *rack* de abastecimento. Por forma a contornar isso, foi colocado um suporte para os tubos (Figura 32), isto é, quando o operador recolhe o material do *rack*, recolhe as duas anteparas e os dois tubos e, quando se aproxima do robot, coloca os dois tubos nesse suporte, fazendo apenas uma deslocação.
- b) Alterar a posição da impressora, e introduzindo um suporte para auxiliar a colocação da etiqueta. A impressora foi deslocada para a zona entre as duas máquinas, uma vez que o operador após retirar a estrutura soldada do *Expanding* e tem de a colocar no MAG, encontrando a seu caminho a impressora. Podemos observar na Figura 33, como se passou a proceder à impressão da etiqueta.
- c) Alteração do arranque do MAG. Anteriormente era necessário fazer três *clicks* para a máquina iniciar o *start* (devido à existência de 3 sensores); através de alterações da engenharia, esta operação passou a ser feita apenas com um *click*.
- d) Reparo nos sensores do *Expanding*. Existia dificuldade no arranque devido aos sensores, dado que sendo uma máquina nova, ainda se encontrava em fase de calibração.



Figura 32 - Suporte do *Expanding*



Figura 33 - Impressora no novo local
(entre *Expanding* e MAG)

Com o intuito de analisar os resultados obtidos com esta iteração, foram efetuados novamente as cronometragens de tempos do posto da Soldadura, que se encontram no Anexo V e, em suma, foram obtidos os seguintes resultados:

		OP / Mach.	OP	Mach.	Mach.	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	Total
		Name	Exp + MAG	EXP	MAG									
Operator	Mini w/o waiting		75,0											75
	Mean		89,6											89,55
	Max		130,0											130
Machine	Side1	Manual												
		Auto		17,0	32,0									
	Side2	Manual												
		Auto												
	Sum			17,0	32,0									

Tabela 16 - Resumo dos tempos da 1ª iteração da Soldadura

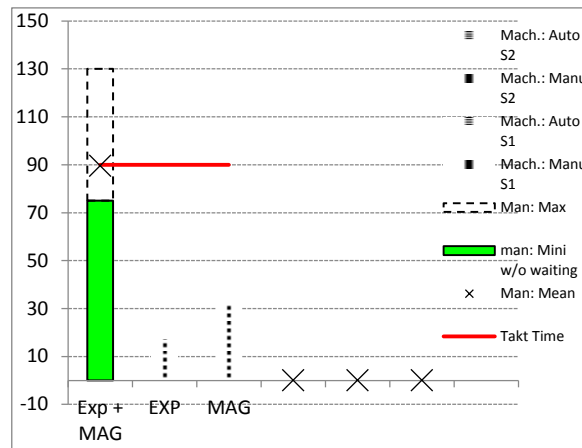


Figura 34 - Gráfico de tempos da 1ª iteração da Soldadura

Através das alterações efetuadas, o tempo de ciclo do operador foi reduzido, sendo a correção dos erros no arranque das máquinas um fator de bastante peso. Para além disso, a colocação do suporte e a deslocação da impressora fizeram com que o operador não tivesse de fazer deslocações desnecessárias, acrescimento do desgaste que isso provocava. Assim, como o tempo de ciclo foi reduzido, ocorreu um enorme ganho na produção, como podemos observar através de:

$$Produção\ por\ Hora = \frac{1\ Hora}{Tempo\ de\ Ciclo\ Máximo} = \frac{3600}{89,6} = 40,2\ peças\ /hora$$

Apesar de o tempo médio deste sistema ser menor que o *Takt-Time* estabelecido, existem valores que o ultrapassam, devido à existência de uma grande variabilidade do processo. Uma das opções propostas seria as bielas, já virem rodadas do processo anterior (preparatórias) o que pouparia cerca de 15 segundos por cada biela e, uma vez que são necessárias duas, existiria um ganho de 30 segundos no total. No entanto esta ação ainda não se encontra implementada, pelo que, é preciso dar continuidade à melhoria através de sucessivas iterações, planeando e analisando a viabilidade destas ações de melhoria, optando pelas melhores opções.

Por fim, conclui-se que nos dois processos (Montagem e Soldadura), diminuindo os tempos de ciclo dos postos de trabalho, garante-se que não ocorrem falhas na entrega dos produtos ao cliente, mesmo que sejam necessárias elevadas mudanças de modelo, avarias ou falta de componentes por parte da logística. Ou seja, o sistema ganha flexibilidade. Todavia, o processo de melhoria continua não irá estagnar, apenas pelo facto de que os tempos dos postos já se encontrarem abaixo do *Takt-Time* estabelecido. Este processo deverá continuar a sofrer alterações com o intuito de otimizar ao máximo este sistema.

3.3.3. RESULTADOS FINAIS

Após implementadas as ações de melhoria referidas no capítulo anterior, foi feito um estudo com o intuito de comparar a situação inicial do projeto com a situação obtida, avaliando os ganhos alcançados através da aplicação de metodologias simples.

MONTAGEM

	Situação Inicial	Situação Final
Layout		
Número de Operadores	6 operadores	5 operadores
Tempo de Ciclo	115,9 segundos	99,3 segundos
Lead Time	376,25 segundos	318,5 segundos

<i>Peças/Hora</i>	31,1 pçs/hora	36,3 pçs/hora
<i>Eficiência</i>	$Eficiência (E) = \frac{Lead\ Time}{N \times Tc}$ $E = \frac{376,25}{5 \times 115,9} \times 100 = 64,9 \%$	$Eficiência (E) = \frac{Lead\ Time}{N \times Tc}$ $E = \frac{318,5}{4 \times 99,3} \times 100 = 88,2 \%$

Através da entrada do parafuso cônico, deixou de ser necessário proceder à Soldadura Manual do mecanismo, dispensando a utilização do Gap Líder como operador, fazendo com que este se encontre com total disponibilidade em situações esporádicas, como por exemplo, a ausência de operadores. Esta ação teve um ganho de 1 operador, eliminando um posto de trabalho e simplificando o fluxo de trabalho.

Com a implementação do sistema de caixas idênticas no abastecimento, conseguiu-se com que os operadores, no ato de retirar material necessário para uma operação específica, não necessitam de forçar a recolha das peças. Neste momento, apenas retiram a caixa do abastecimento à sua frente e colocam-no, no suporte ao seu lado, fazendo com que apenas tenha de executar a recolha uma vez por caixa e não uma vez por componente. Assim, ocorreu uma redução dos tempos para estes três postos e, acima de tudo, uma melhoria da ergonomia destes mesmos.

Consequentemente, com a redução de ambos os postos (D61.2 e D61.3), foi possível reencaminhar tarefas do posto gargalo, D61.3, para o posto anterior, D61.2, ajudando a diminuição da carga de trabalho deste operador. Para além disso, a operação de colocação de feutrine na coquilha em D61.3 foi reencaminhada para o posto de Soldadura da Coquilha (D62) e, com a criação de um suporte, alcançou-se a redução dos tempos.

Naturalmente, estabelecendo uma maior flexibilidade no processo de Montagem, ocorreu um aumento na produção de 5 assentos por hora, passando a ser fabricados 36 peças por hora. Por fim, através da fórmula apresentada no Capítulo 2.3.2, procede-se à conclusão final da meta alcançada, em que se obteve cerca de 15% em ganho de produtividade, quando comparados com a situação inicial do processo.

$$Produtividade (P) = \frac{LT\ Inicial - LT\ Final}{LT\ Inicial} \times 100$$

$$Produtividade (P) = \frac{376,25 - 318,5}{376,25} \times 100 = 15,35 \%$$

SOLDADURA

	Situação Inicial	Situação Final
Layout		
Número de Operadores	1 operador	1 operador
Tempo de Ciclo	148 segundos	89,6 segundos
Lead Time	148 segundos	89,6 segundos
Peças/Hora	24,3 pçs/hora	40,2 pçs/hora
Deslocações	13,8 metros	9,1 metros

Neste processo, o maior impacto foi a eliminação de deslocações do operador, ou seja, o facto de ele não necessitar de proceder a tantas movimentações. Para além de ser ergonomicamente mais correto, fez com que o tempo do sistema diminui-se drasticamente. Através da aplicação de um suporte no *Expanding*, o operador apenas se desloca ao *rack* de abastecimento uma vez e o facto de a impressora se encontrar no caminho para o MAG, reduziu a distância percorrida para 9 metros, fazendo com que o operador não necessite de recuar da sua trajetória, poupando cerca de 5 metros por ciclo.

Desta forma, ocorreu uma melhoria significativa no processo produtivo, aumentando o seu ritmo de produção. Passou a produzir cerca de 40 peças por hora, quando, anteriormente, produzia apenas 24 peças por hora. Por fim, é feita a mesma comparação entre a situação inicial e atual, concluindo-se que existiu um ganho de produtividade de cerca 40%.

$$Produtividade (P) = \frac{LT\ Inicial - LT\ Final}{LT\ Inicial}$$
$$Produtividade (P) = \frac{148 - 89.6}{148} \times 100 = 39.5 \%$$

Apesar do processo não se encontrar totalmente otimizado, encontra-se no limite, estando sempre em aberto novas opções de melhoria, que poderão ser aplicadas gradualmente. Uma das sugestões a avaliar futuramente, será a abertura antecipada das bielas, uma vez que se trata da operação que demora mais tempo, podendo ser eliminada para o operador e reencaminhada para o *WaterSpider* da linha, sendo ele a ficar encarregue desta tarefa. Será testada esta operação, analisando a sua viabilidade, de forma a tentar estabelecer um sistema com maior flexibilidade.

4. CONCLUSÃO FINAL

A competitividade industrial tem vindo a aumentar drasticamente ao longo dos anos, pelo que, as empresas têm de ser capazes de reagir e responder o mais rapidamente possível para evitarem a perda de vantagem competitiva. Sumariamente, as empresas, para continuarem a operar num mercado exigente, têm de continuar a ser competitivas. Para tal, surge a melhoria contínua dos processos, que visa a redução de desperdícios, melhorar as condições de trabalho, e o aumento da capacidade de produção.

A melhoria contínua, ou mais conhecida por metodologia *Kaizen*, é uma ferramenta que pretende proceder à implementação de ações de melhoria de forma gradual, podendo parecer um processo lento e os ganhos pouco significativos; no entanto, iteração após iteração, torna visíveis os benefícios obtidos. Esta metodologia abrange, primeiramente, a eliminação de tarefas e deslocações desnecessárias entre outros, ou seja, eliminação total de desperdícios para obtenção de processos eficientes.

Por desperdício entende-se por tudo o que está para além do que acrescenta efetivamente valor no produto, desde o excesso de equipamentos, matérias, peças, espaço e mão-de-obra utilizados no processo. Ou seja, a utilização de recursos que não seriam necessários para o fabrico de certo produto, uma vez que, na perspetiva do cliente, não cria qualquer valor no produto final, mas, representam custos acrescidos, que não são necessários.

Para atingir este objetivo, existem variadas metodologias que auxiliam a melhoria deste sistema, proporcionando alterações no próprio processo produtivo, *layout* e abastecimentos. Através do controlo de tempos dos processos produtivos, realça-se com maior facilidade, os desperdícios ligados a esta operação e assim, proceder ao Balanceamento das Linhas, mantendo o ciclo de produção constante, entre os diferentes postos da linha e entre produtos diferentes. Desta forma, foram implementadas ferramentas como os 5S, organização e arrumação no local de trabalho, *standard* de trabalho, apoiada na formação dos trabalhadores, e ideias de melhoria, como aplicação de suportes e abastecimentos personalizados.

Consequentemente, após balancear o processo pode-se visualizar efeitos positivos e significativos neste projeto, reduzindo o tempo de operação, o que resultou numa redução na quantidade e mão-de-obra necessária, nas distâncias percorridas pelos operadores, na facilidade da recolha do material necessário, no aumento da ergonomia e, por fim, no aumento da capacidade de produção das linhas.

Para além disso, uma metodologia simples para garantir a qualidade assegurada ao longo do fluxo produtivo, será o controlo visual no fim de cada processo, efetuado pelo operador que se encontrar nesse posto. Se a verificação de defeitos foi efetuada ao longo do fluxo, é possível identificar o local em que ocorrem estes erros e proceder a ações de melhoria.

Ao tornar os fluxos de processos mais simples e ao aumentar as competências dos operadores, é possível transformar o sistema na sua globalidade, mais fluído e tornando-o mais produtivo, obtendo produtos com maior qualidade e, conseqüentemente, um aumento de competitividade no mercado atual.

Para interligar os processos ao longo do fluxo produtivo foi também implementada a ferramenta *Kanban*, que se aplica quando existe distanciamento físico entre os processos, estabelecendo a troca de informação entre os mesmos. Esta ferramenta, para além de ser utilizada nos transportes de material, identificados com uma “carta”, é utilizada, também, para estabelecer ordens de fabrico, uma vez que consumido um dos componentes, esta emite uma ordem de fabrico para reabastecê-lo no sistema.

A prática destes conhecimentos permitiu reforçar a importância da utilização destas ferramentas *Lean*, bem como identificou os benefícios alcançados com a sua implementação. Concluindo, a empresa conseguiu uma maior flexibilidade no seu processo produtivo, o que lhe permitirá responder positivamente às constantes flutuações no volume de procura dos seus clientes, ficando a empresa com vantagem competitiva no exigente mercado de componentes para o sector automóvel.

5. REFERÊNCIAS

- Arezes, P., Carvalho, D., Alves, A. (2010). *Threats and Opportunities for Workplace Ergonomics in Lean Environments*, 17th International Annual EurOMA Conference – Managing Operations in Service Economics, Porto.
- Assis, R. (2010). *Balanceamento de uma linha de produção*.
- BERTAGLIA, Paulo R. (2003). *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento*, 1.ed. São Paulo: Saraiva, 509 p.
- Boysen, N., Fliedner, M., & Scholl, A. (2008). Assembly line balancing: Which model to use when? *International Journal of Production Economics*, 111(2), 509-528.
- C. R. Hansen (2002), Overall Equipment Effectiveness. A Powerful Production/Maintenance Tool for Increased Profits, New York: Industrial Press Inc.
- Citeve (2012). Ferramenta de Desenvolvimento e aplicação do Lean Thinking no STV, Competitividade Responsável.
- Courtois, A., Pillet, M., & Chantal, M.-B. (2007). *Gestão da Produção* (5.ª Edição ed.). Lisboa: LIDEL.
- Courtois, Alain, Chantal Martin-Bonnefous e Maurice Pillet (2006). *Gestão da produção*. Vol. 5.ª edição actualizada e aumentada. Lisboa: Lidel - Edições Técnicas, Lda.
- F. E. Meyers e J. R. Stewart (2002), Motion and Time Study for Lean Manufacturing, 3th ed., Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall.
- Gross, J. M., & McInnis, K. R. (2003). *Kanban: Made Simple*. Nova York: Amacom.
- Imai, M. (1997), Gemba Kaizen: Common-Sense Low-Cost approach to Management, New York, McGraw-Hill.
- IMAI, Masaaki (1994). Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo. 51ªed. São Paulo: Instituto IMAM, 235p
- J. K. Liker e D. P. Meier (2007), Toyota Talent - Developing Your People The Toyota Way, New York: McGraw-Hill.

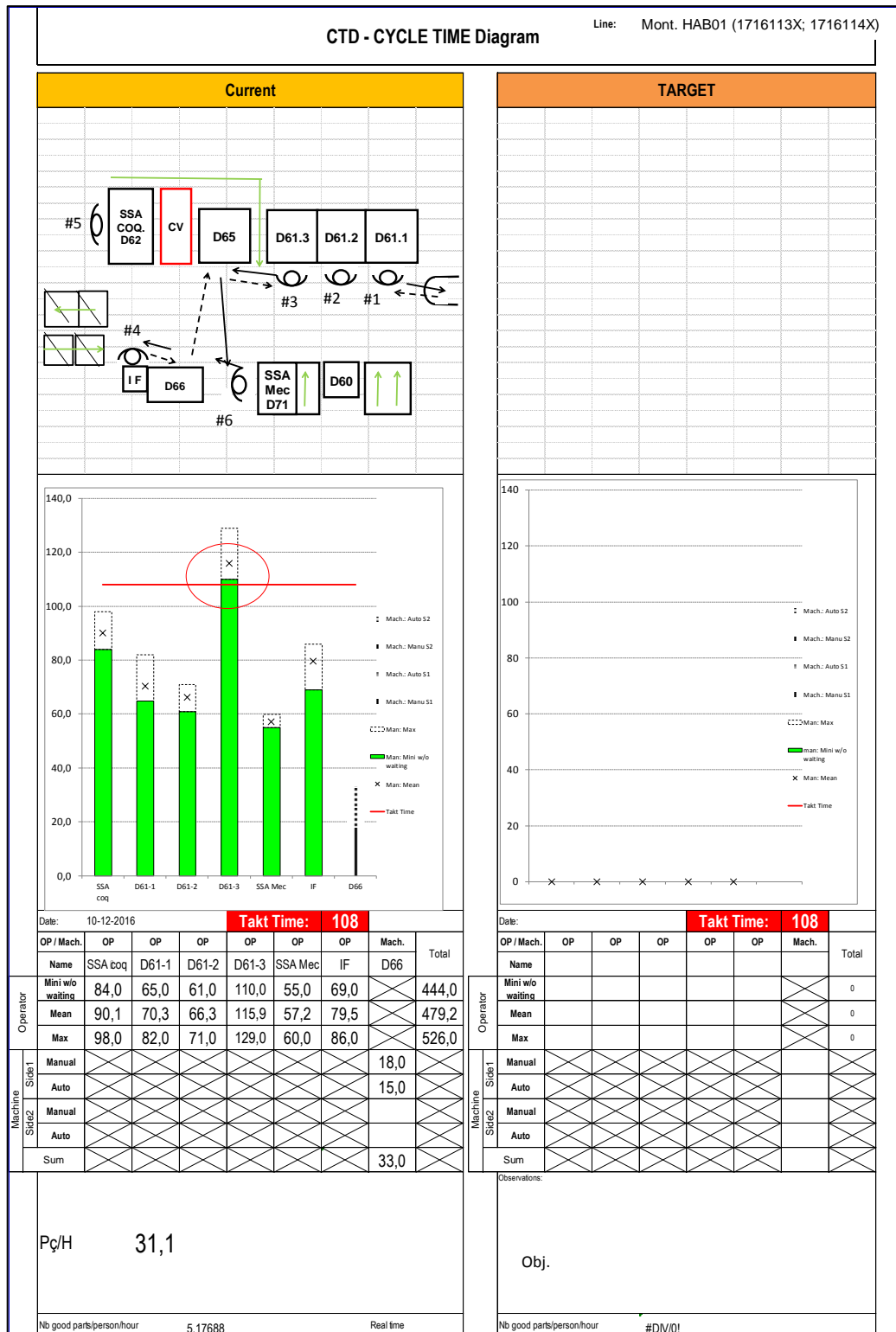
- J. P. Womack, D. Jones e D. Roos (1990), *The Machine that Changed the World*, New York: Rawson Associates.
- Kerper, D. A. (2006) “Lean Improvement Methodologies” Misty River Consulting Local Manufacturing Company in Malaysia–Case Study. *Procedia Engineering*, 41(0), 1721-1726
- Lourenço, A. (1999). *Promovendo Resultados com o 5S*, Belo Horizonte: EDG.2
- M. Imai (1997), *Gemba Kaizen - Estratégias e Técnicas do Kaizen no Piso de Fábrica*, Instituto IMAM, São Paulo.
- M. Rother e J. Shook (2003), *Learning to See: Value-Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*, Lean Enterprise Institute, Inc, MA USA.
- Monden, Y. (1983). *Toyota Production System. Industrial Engineering and Management*. 3ª edição, Press, Norcross, Georgia.
- MOURA, R.A. (1989) *Kanban: a simplicidade do controle de produção*. São Paulo: IMAM.
- Naufal, A., Jaffar, A., Yusoff, N., & Hayati, N. (2012). Development of Kanban System at
- OAKLAND, John S (1994). *Gerenciamento da qualidade total*. 1ªed. São Paulo: Nobel. 459p.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System – Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press
- Pinto, J. (2008), “Comunidade Lean Thinking – Criar Valor Eliminando Desperdício”, ArDisponível em <http://www.leanthinkingcommunity.org/> (acedido em Abril de 2009).
- Pinto, J. (2009). *Toyota Production System, a filosofia de um vencedor*, Comunidade *Lean Thinking*
- Poppendieck, M. (2011). Principles of lean thinking. *IT Management Select*, 18.
- Quinquiolo, J. M. (2002) *Avaliação da Eficácia de um Sistema de Gerenciamento para Melhorias Implantado na Área de Carroceria de uma Linha de Produção Automotiva*. Taubaté/SP: Universidade de Taubaté.
- RODRIGUES, M. V. (2014) *Entendendo, aprendendo e desenvolvendo sistemas de produção Lean Manufacturing*. Rio de Janeiro; Elsevier.

- Schonberger R. J. (1982) Técnicas industriais japonesas, Pioneira
- Sebrosa, R. (2008). *Modelo de avaliação das condições de aplicação da produção magra - O caso da indústria gráfica*. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade Nova de Lisboa.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: the SMED System*. Cambridge, Massachusetts na Norwalk: Productivity Press
- Shingo, Shigeo. (1986) Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System, Portland: Productivity Press
- T. D. Martin e J. T. Bell (2011), *New Horizons in Standardized Work: Techniques for Manufacturing and Business Process Improvement*, New York: Productivity Press.
- T. Ohno (1998), *The Toyota Production System: Beyond Large Scale-Production*, Productivity Press.
- Team, P. P. D. (2002). *Kanban for the Shop Floor: The Productivity Press Development Team*: Taylor & Francis.
- Team, T. P. (2002). *Kanban: For The Shopfloor*. Nova York: Productivity Press.
- The Productivity Press Development Team (2002). *Standard Work for the Shop Floor*. New York: Productivity Press.
- Ugur Ozcan, Bilal Toklub (2008). "Multiple-criteria decision-making in two-sided assembly line balancing: A goal
- W. M. Feld (2001), *Lean Manufacturing - Tools, Techniques and How To Use Them*, New York: St. Lucie Press.
- Womack, J. P. e D.T. Jones (1996), "Lean Thinking", Simon & Schuster.
- Womack, J. P. e Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking, Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. London: Simon & Schuster.

- Womack, J. P., Jones, D. T. e Ross, D. (2007). *The Machine that Changed the World*. London: Simon & Schuster.
- Womack, J., Jones, D. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, 2nd Ed. Free Press.
- Xu, W., & Xiao, T. (2011). Strategic robust mixed model assembly line balancing based on scenario planning. *Tsinghua Science and Technology*, 16(3), 308-314.

6. ANEXOS

I. TEMPOS DO SISTEMA ATUAL – MONTAGEM



[illegible]

[illegible]

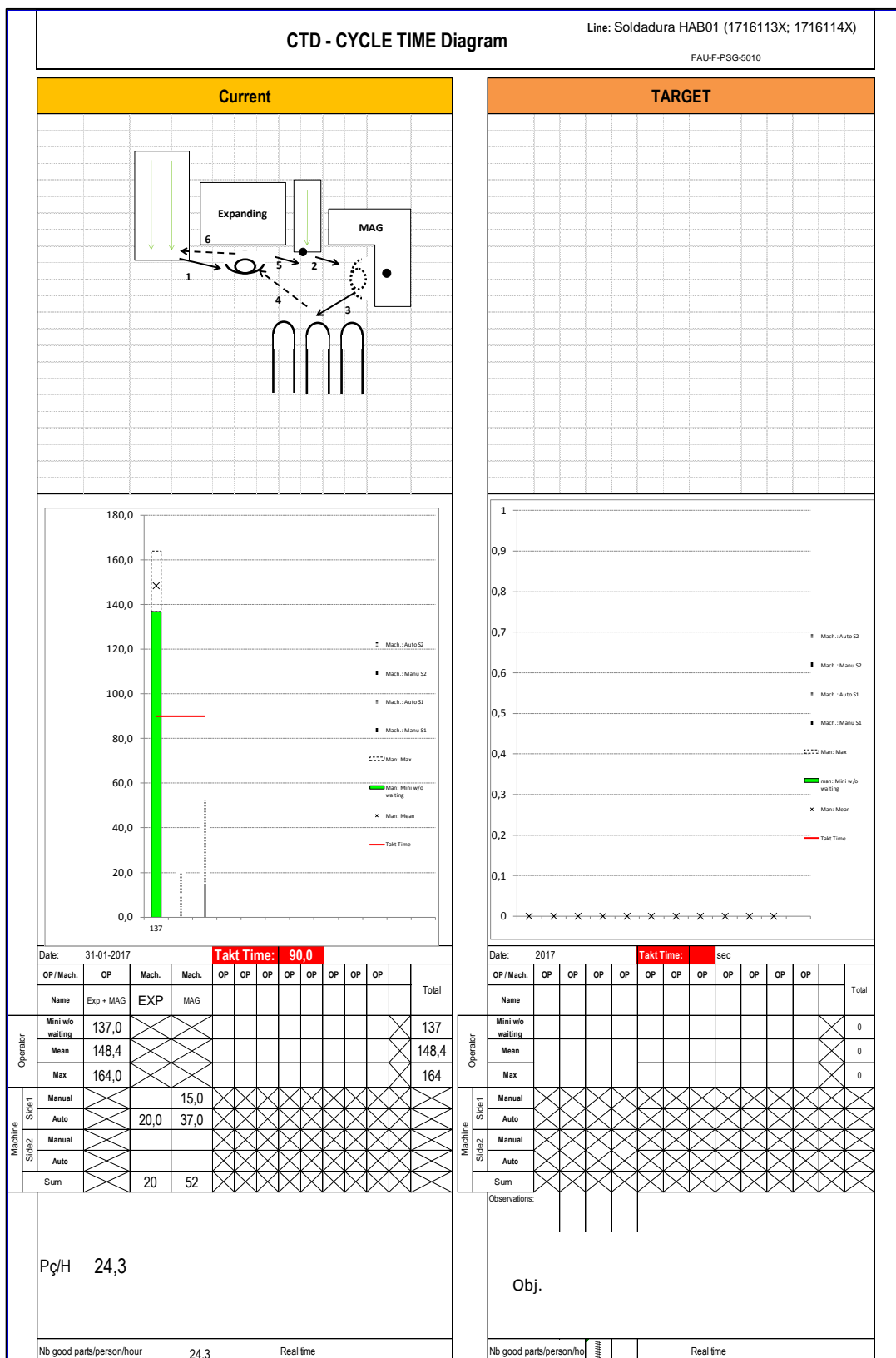
[illegible]

[illegible]

[illegible]

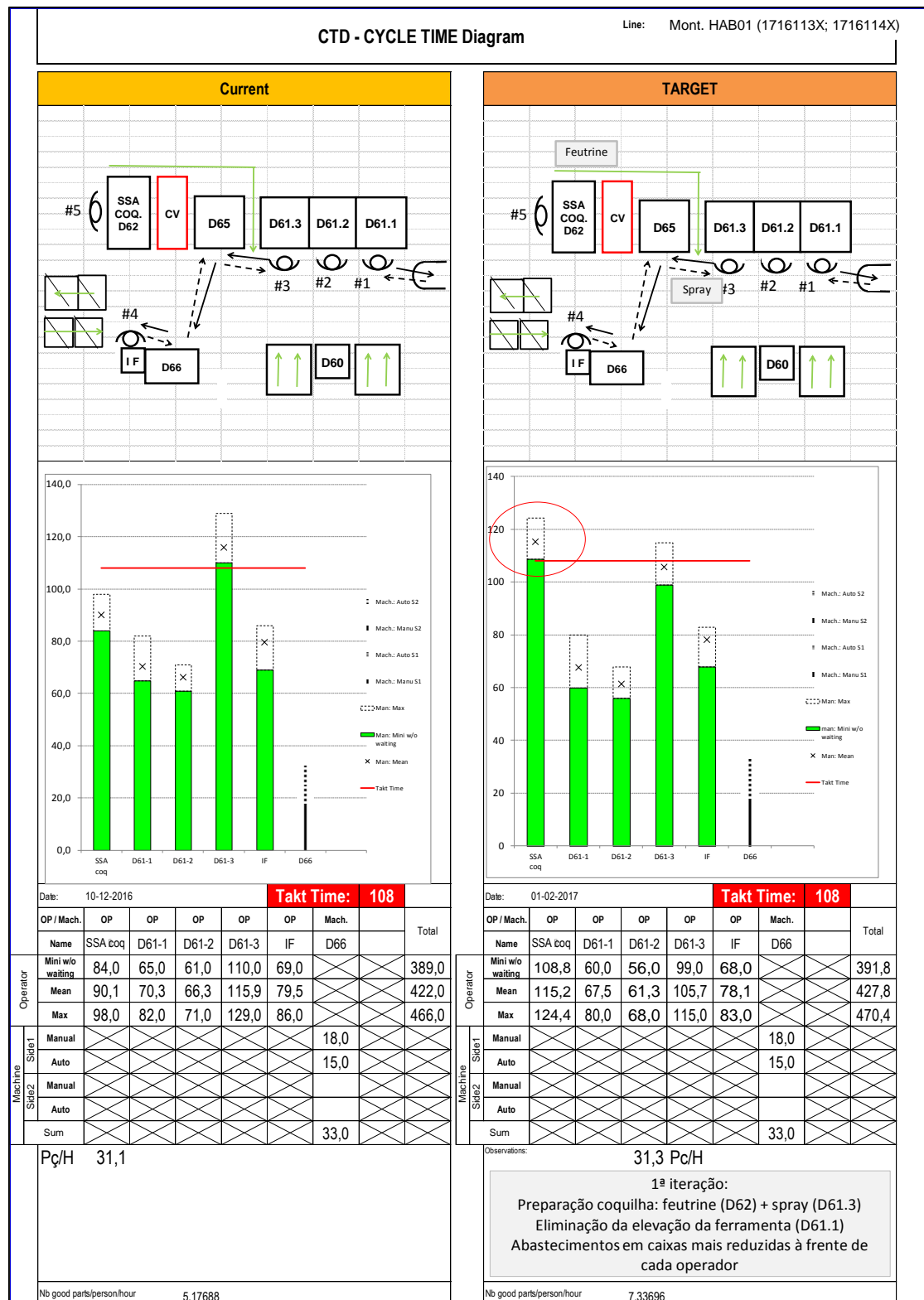
MEASUREMENT OF CYCLE TIME																																			
PRODUCT: AF HAB01 - 1716113X; 1716114X													OPERATOR Nº:					LINE SETUP:																	
PROCESS: Montagem Insp. Final + Contentorização													ANALYZED BY:																						
DATE: 10-12-2016													TIME:					OPERATOR'S NAME:																	
	ELEMENTARY OPERATIONS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Aver.	Min	Max	V %										
	MP: Larga botoneira	6	7	7	6	7	7	10	9	8	7	8	7									7	6	10	67										
	Colar etiqueta e accionar botoneira																																		
	MP: Larga botoneira	7	5	4	4	5	3	6	5	6	5	7	5									5	3	7	133										
	Ler etiqueta e accionar botoneira																																		
	MP: Pousa Assento	5	8	4	4	3	3	5	5	4	3	4	4									4	3	8	167										
	Retirar Assento da máquina																																		
	MP: Pousa Assento	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									1	1	1	0										
	Retirar proximo Assento do Cupping e coloca-o no Controlo Pwr																																		
10	MP: LOCKBOLT (ponto inspecção n1 da peça padrão)	44	38	39	48	50	51	44	47	48	49	47	44									46	38	51	34										
30	MP: LOCKBOLT (ponto inspecção n3 da peça padrão)																																		
20	MP: LOCKBOLT ANTEPARA COM TRAVESSA FRONTAL (ponto inspecção n2 da peça padrão)																																		
40	MP: LOCKBOLT (ponto inspecção n4 da peça padrão)																																		
50	MP: LOCKBOLT ANTEPARA COM TRAVESSA FRONTAL (ponto inspecção n5 da peça padrão)																																		
60	MP: LOCKBOLT (ponto inspecção n6 da peça padrão)																																		
70	MP: INSERÇÃO BARRA TORÇÃO LADO INTERNO (posto de inspeção n7 da peça padrão)																																		
80	MP: BARRA TORÇÃO + CASQUILHO DE PLASTICO (ponto de inspeção n8 da peça padrão)																																		
90	MP: CORDAO SOLDADURA Nº00A PARAFUSO DO MECANISMO DE REGULAÇÃO EM ALTURA (ponto de inspeção n9 peça padrão)																																		
92	MP: (ponto de inspeção n9 peça padrão)																																		
94	MP: Controlo montagem paloier	5	6	6	6	7	8	7	8	7	8	5	6									7	5	8	60										
96	MP: Larga marcador	4	3	3	3	3	4	5	4	3	3	5	4									4	3	5	67										
440	Colocar pinta na etiqueta e leitura de etiqueta de produto final																																		
	MP: Regressa ao posto	6	5	5	6	4	5	7	7	6	5	6	5									6	4	7	75										
	Contentorizar o assento e regressar ao posto																																		
CYCLE TIME (CT)		78,00	73,00	69,0	78,0	80,0	82,0	85,0	86,0	83,0	81,0	83,0	76,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	79,5		86,0	24,64%										
CT WITHOUT WAITING																							69,0												
OBSERVATIONS													d																						
a Mudar contentor (50"/6=8,33")													e																						
b Colocar cartão (10"/6= 1,66")													f																						
c Trocar rolo (30"/)													g																						

II. TEMPOS DO SISTEMA ATUAL – SOLDADURA



MEASUREMENT OF CYCLE TIME																									
PRODUCT: HAB01 Soldadura P8 Isofix (113X 114X)													OPERATOR N°:							LINE SETUP:					
PROCESS: Expanding + MAG													ANALYZED BY:							RUN 31-01-2017					
DATE: 31-01-2017													TIME:							OPERATOR'S NAME:					
N°	ELEMENTARY OPERATIONS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Aver.	Min	Max	V %
	MP: Expanding	98	79	83	94	102	99	77	100	105	116	104										96	77	116	51
	MP: Mag	50	65	60	50	41	49	60	53	49	48	50										52	41	65	59
	MP:			a)		a)			a)		a)	a)													
	MP:																								
	MP:																								
	MP:																								
	MP:																								
	MP:																								

III. TEMPOS DA MONTAGEM APÓS A 1ª ITERAÇÃO



MEASUREMENT OF CYCLE TIME																															
PRODUCT: AF HAB01 - 1716113X; 1716114X PROCESS: Montagem D61.01 DATE: 01-02-2017														OPERATOR N°: ANALYZED BY: OPERATOR'S NAME:														LINE SETUP:			
N°	ELEMENTARY OPERATIONS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Aver.	Min	Max	V %						
100	MP: Retirar mão da correção Montar corrediças na ferramenta	5	6	5	6	5	5	4	4	5	5	6	5	6								5	4	6	50						
103	MP: Larga tubo Montar 1+1 tubo frontal nas corrediças	7	7	7	8	9	6	6	7	6	8	8	7	7								7	6	9	50						
105	MP: Chegar ao local Montar estrutura MAG às corrediças + Deslocação	6	5	6	7	5	5	6	5	6	7	6	7	6								6	5	7	40						
110	MP: Pegar leitor Ligar a estrutura MAG às corrediças	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	4								2	2	4	100						
120	MP: Ver flash Leitura dos componentes corred. Dir.	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	3	2								2	2	3	50						
125	MP: Pegar colares Leitura dos componentes estrutura + corred. Esq.	2	2	2	3	2	2	3	3	2	2	3	2	3								2	2	3	50						
130	MP: Pegar rebites Montar 4 rebites + 2 colares nos rebites traseiros	11	14	12	14	12	10	12	12	11	12	12	11	13								12	10	14	40						
133	MP: Largar rebitoradora Rebitar 2 rebites traseiros	8	7	7	8	7	8	9	7	8	7	9	7	7								8	7	9	29						
135	MP: Pegar colares Elevar ferramenta																														
140	MP: Pegar rebitoradora Montar 2 colares nos rebites dianteiros	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5								5	4	5	25						
143	MP: Largar rebitoradora Rebitar 2 rebites dianteiros	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5								5	4	5	25						
145	MP: Largar punho Baixar ferramenta																														
150	MP: Largar leitor Ler motor Tilt	4	4	4	7	4	4	6	6	4	4	6	4	5								5	4	7	75						
160	MP: Retirar mão do motor Montar motor Tilt + apontar parafuso	6	5	5	8	6	5	8	6	6	6	7	5	6								6	5	8	60						
165	MP: Regressar ao posto Rodar paleta e enviar ao posto seguinte + Deslocação	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	3	2	2								2	2	3	50						
	MP:																														
	MP:																														
		eliminou-se elevação ferramenta																				####	0	0	####						
	CYCLE TIME (CT)	65,0	66,0	64,0	80,0	67,0	60,0	70,0	66,0	64,0	66,0	74,0	65,0	71,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	67,5	<div><div></div><div></div></div>	80,0		33,33%					
	CT WITHOUT WAITING																					<div><div></div><div></div></div>	60,0	<div><div></div><div></div></div>							
OBSE	Troca caixa suporte 196X (2500 un/cx)												d																		
a	Retirar resíduos da rebitoradora												e																		
b	Troca caixa motor SA												f																		
c													g																		

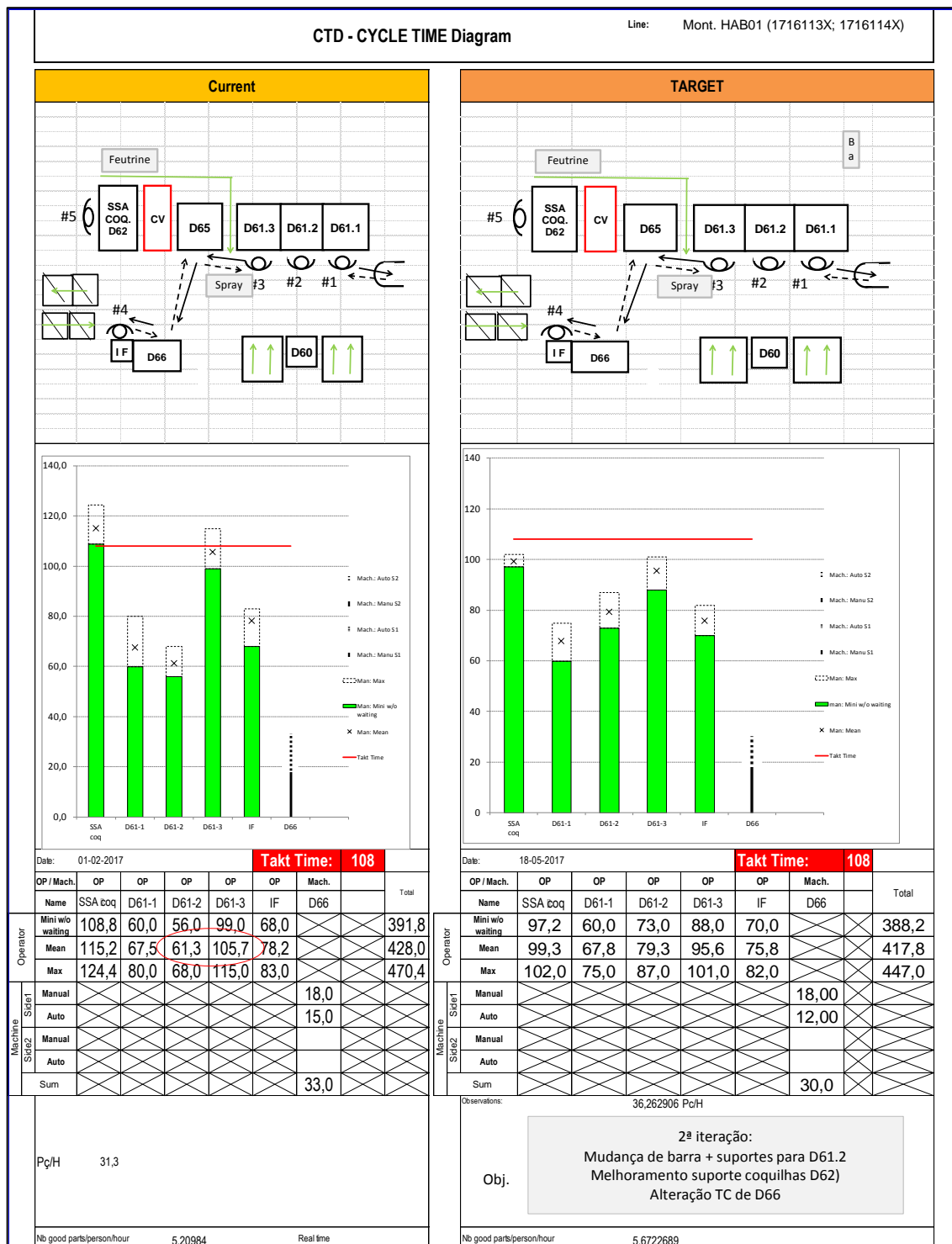
MEASUREMENT OF CYCLE TIME																										
PRODUCT: AF HAB01 - 1716113X; 1716114X													OPERATOR Nº:													
PROCESS: Montagem D61.02													ANALYZED BY:													
DATE: 01-02-2017													OPERATOR'S NAME:													
Nº	ELEMENTARY OPERATIONS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Aver.	Min	Max	V %	
170	MP: Pegar bracket Montagem mecanismo Nano(Rodar paleta+Lubrif. Mecanismo+posicionar na estrut.)	8	9	11	8	10	9	11	9	10	9	9	8									9	8	11	38	
180	MP: Pegar parafuso Montagem mecanismo Nano(Posicion. Bracket)	5	6	6	5	5	6	5	6	7	5	6	6									6	5	7	40	
190	MP: Largar punho Montagem mecanismo Nano(Apontar 3 parafusos + dispositivo de fixação)	20	18	21	16	21	19	19	17	19	20	17	20									19	16	21	31	
200	MP: Largar batente Aparafusar mecanismo Nano assento (Aparafusar 2 parafuso + retirar batente)	12	10	13	11	10	12	10	9	10	12	12	10									11	9	13	44	
200	MP: Pegar dispositivo Aparafusar mecanismo Nano assento (Aparafusar 1 parafusos)	6	6	5	6	7	5	5	6	6	5	4	7									6	4	7	75	
210	MP: Largar dispositivo Recolher dispositivo de fixação de mecanismo+ rodar paleta	3	3	4	3	4	3	4	4	3	3	3	2									3	2	4	100	
215	MP: Largar aparafusadora Aparafusar motor tilt no assento	7	8	8	7	8	8	8	8	8	7	8	7									8	7	8	14	
						</																				

MEASUREMENT OF CYCLE TIME																											
PRODUCT: AF HAB01 - 1716113X; 1716114X														OPERATOR N°:							LINE SETUP:						
PROCESS: Montagem D61.03														ANALYZED BY:													
DATE: 01-02-2017														OPERATOR'S NAME:													
	ELEMENTARY OPERATIONS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Aver.	Min	Max	V %		
220	MF Largasuportes de plástico	6	6	5	6	5	4	6	6	5	6	5	5	6	4							5	4	6	50		
	Montar 2 suportes plásticos no tubo frontal																										
225	MF Larga a barra	4	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	4	5	4							5	4	5	25		
	Montar manualmente a barra de torção																										
230	MP: Larga dispositivo	15	14	13	12	14	14	12	12	15	14	15	13	13	13							14	12	15	25		
	Inserção dispositivo barra torção																										
235	MP: Larga spray	5	4	5	4	4	5	6	5	4	4	4	5	6	4							5	4	6	50		
	Preparação coquilha (feutrine+ spray) + Deslocação (5)																										
240	MP: Último casquilho	11	13	11	10	12	11	11	12	12	12	10	11	10	10							11	10	13	30		
	Montar casquilhos na coquilha																										
250	MP: Último parafuso	12	13	14	14	10	12	11	13	15	10	15	12	14	14							13	10	15	50		
	Pixação coquilha (Apontar parafusos)																										
260	MP: Larga aparafusadora	12	12	13	13	13	13	10	13	13	12	13	11	13	13							12	10	13	30		
	Aparafusar coquilha à estrutura MAG																										
270	MP: Toca na rebitadora	9	9	8	8	9	9	8	10	10	8	10	7	8	8							9	7	10	43		
	Montagem de 2 rebites e 2 colares																										
280	MP: Larga rebitadora	8	10	10	9	9	8	9	10	10	9	9	8	9	9							9	8	10	25		
	Rebitagem dos rebites																										
285	MP: Aciona palonier p teste	3	5	4	4	5	4	4	5	5	5	5	4	5	4							4	3	5	67		
	Montagem palonier																										
290	MP: Fixar assento	4	5	3	5	4	4	4	5	4	4	3	5	5	4							4	3	5	67		
	Accionar palonier (Teste deslizamento)																										
300	MP: Larga pistola	3	4	3	3	4	3	3	3	4	4	3	3	4	3							3	3	4	33		
	Impressão de etiqueta e leitura de etiqueta de produto final																										
310	MP: Atravessa barreira	4	5	5	5	6	6	5	5	6	6	6	5	5	5							5	4	6	50		
	Retirar o assento e passar ao posto seguinte + deslocação																										
320	MP: Mão toca Start	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2							2	2	3	50		
	Montagem do assento na ferramenta																										
	MP: Regressa ao D61-3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	4							4	4	5	25		
	START e regressar ao posto D61.3 (Deslocação)																										

MEASUREMENT OF CYCLE TIME																														
PRODUCT: AF HAB01 - 1716113X; 1716114X										OPERATOR N°:										LINE SETUP:										
PROCESS: Soldadura coquilha D62										ANALYZED BY:																				
DATE: 01-02-2017										OPERATOR'S NAME:																				
N°	ELEMENTARY OPERATIONS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Aver.	Min	Max	V %					
10	MP: Tocar no arame c a mão	81	87	73	87	90	88															84	73	90	23					
	Posicionar coquilha na ferramenta																													
20	MP: Tocar arame dir																													
	Posicionar arame central + fechar grampo																													
30	MP: Pegar na tocha																													
	Posicionar arme esq + dir + fechar grampo																													
40	MP: Parar de soldar																													
	Soldar arame central																													
50	MP: Iniciar soldadura																													
	Subir ferramenta																													
55	MP: Parar de soldar																													
	Soldar lado dir																													
60	MP: Iniciar soldadura																													
	Rodar ferramenta																													
70	MP: Largar tocha																													
	Soldar lado esq																													
75	MP: Pegar Sci.																													
	Baixar ferramenta e abrir grampos																													
80	MP: Terminar controlo																													
	Retirar 1º coquilha + controlar + colocar no suporte																													
	MP:																													
	Repetir ciclo (2º coquilha)	72	78	79	72	88	86															79	72	88	22					
	MP:																													
	Repetir ciclo (3º coquilha)	74	74	75	77	82	89															79	74	89	20					
	MP:																													
	Repetir ciclo (4º coquilha)	90	78	89	81	85	88															85	78	90	15					
	MP:																													
	Repetir ciclo (5º coquilha)	80	72	80	72	84	82															78	72	84	17					
	Colar feutrine na 1º coquilha + perder ao gancho	40	43	52	32	50	37															42	32	52	63					
	Colar feutrine na 2º coquilha + perder ao gancho	24	24	25	29	48	26															29	24	48	100					
	Colar feutrine na 3º coquilha + perder ao gancho	27	26	39	28	28	31															30	26	39	50					
	Colar feutrine na 4º coquilha + perder ao gancho	23	30	28	28	26	26															27	23	30	30					
	MP:																													
	Colar feutrine na 5º coquilha + perder ao gancho	41	36	54	38	41	42															42	36	54	50					
CYCLE TIME (CT)		110,4	109,6	118,8	108,8	124,4	119,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	115,2	<div></div>	124,4	14,34%					
CT WITHOUT WAITING																						<div></div>	108,8	<div></div>						
OBSERVATIONS												d																		
a												e																		
b												f																		
c												g																		

MEASUREMENT OF CYCLE TIME																												
PRODUCT: AF HAB01 - 1716113X; 1716114X PROCESS: Montagem Insp. Final + Contentorização DATE: 16-11-2016														OPERATOR N°: ANALYZED BY: OPERATOR'S NAME:										LINE SETUP:				
		TIME:																										
	ELEMENTARY OPERATIONS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Aver.	Min	Max	V %			
	MP: Larga botoneira	7	6	6	6	7	7	7	8	6	7	8	8	9	8							7	6	9	50			
	Colar etiqueta e accionar botoneira	5	3	7	4	5	5	4	6	6	5	7	5	6	4							5	3	7	133			
	MP: Larga botoneira	3	3	5	4	3	4	4	4	3	8	4	5	5	4							4	3	8	167			
	Ler etiqueta e accionar botoneira	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									1	1	1	0			
	MP: Pousa Assento																											
	Retirar Assento da máquina																											
	MP: Pousa Assento																											
	Retirar proximo Assento do Cupping e coloca-o no Controlo Pwr																											
10	MP: LOCKBOLT (ponto inspecção n1 da peça padrão)																					45	39	50	28			
30	MP: LOCKBOLT (ponto inspecção n3 da peça padrão)																											
20	MP: LOCKBOLT ANTEPARA COM TRAVESSA FRONTAL (ponto inspecção n2 da peça																											
40	MP: LOCKBOLT (ponto inspecção n4 da peça padrão)																											
50	MP: LOCKBOLT ANTEPARA COM TRAVESSA FRONTAL (ponto inspecção n5 da peça	49	50	44	48	50	43	39	46	44	42	47	44	42	46													
60	MP: LOCKBOLT (ponto inspecção n6 da peça padrão)																											
70	MP: INSERÇÃO BARRA TORÇÃO LADO INTERNO (posto de inspeção n7 da peça padrão)																											
80	MP: BARRA TORÇÃO + CASQUILHO DE PLASTICO (ponto de inspeção n8 da peça padrão)																											
90	MP: CORDAO SOLDADURA Nº00A PARAFUSO DO MECANISMO DE REGULAÇÃO EM ALTURA (ponto de inspeção n9 peça padrão)																											
92	MP: (ponto de inspeção n9 peça padrão)																											
94	MP: Controlo montagem palonier	6	7	5	6	7	6	6	7	7	6	5	7	7	6							6	5	7	40			
96	MP: Larga marcador	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	5	5	5	3							4	3	5	67			
440	MP: Regressa ao posto	5	5	6	6	4	5	4	6	6	5	6	7	7	5							6	4	7	75			
	Contentorizar o assento e regressar ao posto																											
CYCLE TIME (CT)		79,00	79,00	78,0	78,0	80,0	75,0	68,0	81,0	76,0	77,0	83,0	82,0	81,0	76,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	78,1		83,0	22,06%			
CT WITHOUT WAITING																							68,0					
OBSERVATIONS												d																
a Mudar contentor (50"/6=8,33")												e																
b Colocar cartão (10"/6= 1,66")												f																
c Trocar rolo (30"/ =)												g																

IV. TEMPOS DA MONTAGEM APÓS A 2ª ITERAÇÃO



MEASUREMENT OF CYCLE TIME																										
PRODUCT: AF HAB01 - 1716113X; 1716114X										OPERATOR N°:										LINE SETUP:						
PROCESS: Montagem D61.01										ANALYZED BY:																
DATE: 31-01-2016										TIME:										OPERATOR'S NAME:						
N°	ELEMENTARY OPERATIONS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Aver.	Min	Max	V %	
100	MP: Retirar mão da corredeia Montar corredeças na ferramenta	5	5	5	6	5	5	5	5	5	5	6	5	7								5	5	7	40	
103	MP: Larga tubo Montar 1+1 tubo frontal nas corredeças	7	7	7	8	6	7	8	6	7	7	8	7	7								7	6	8	33	
105	MP: Chegar ao local Montar estrutura MAG às corredeças + Deslocação	6	6	7	7	7	6	6	5	6	6	6	6	6								6	5	7	40	
110	MP: Pegar leitor Ligar a estrutura MAG às corredeças	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	4								2	2	4	100	
120	MP: Ver flash Leitura dos componentes corred. Dir.	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2								2	2	3	50	
125	MP: Pegar colares Leitura dos componentes estrutura + corred. Esq.	3	2	2	3	2	2	3	3	3	2	3	2	3								3	2	3	50	
130	MP: Pegar rebites Montar 4 rebites + 2 colares nos rebites traseiros	12	14	12	11	11	11	12	10	10	12	12	12	13								12	10	14	40	
133	MP: Largar rebitadora Rebitar 2 rebites traseiros	7	7	7	8	8	8	9	8	8	9	9	7	7								8	7	9	29	
135	MP: Pegar colares Elevar ferramenta																									
140	MP: Pegar rebitadora Montar 2 colares nos rebites dianteiros	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5								5	4	5	25	
143	MP: Largar rebitadora Rebitar 2 rebites dianteiros	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5								5	4	5	25	
145	MP: Largar punho Baixar ferramenta																									
150	MP: Largar leitor Ler motor Tilt	6	4	4	5	5	4	6	4	4	4	6	4	5								5	4	6	50	
160	MP: Retirar mão do motor Montar motor Tilt + apontar parafuso	6	5	6	8	6	6	8	5	6	6	8	5	6								6	5	8	60	
165	MP: Regressar ao posto Rodar paleta e enviar ao posto seguinte + Deslocação	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2								2	2	3	50	

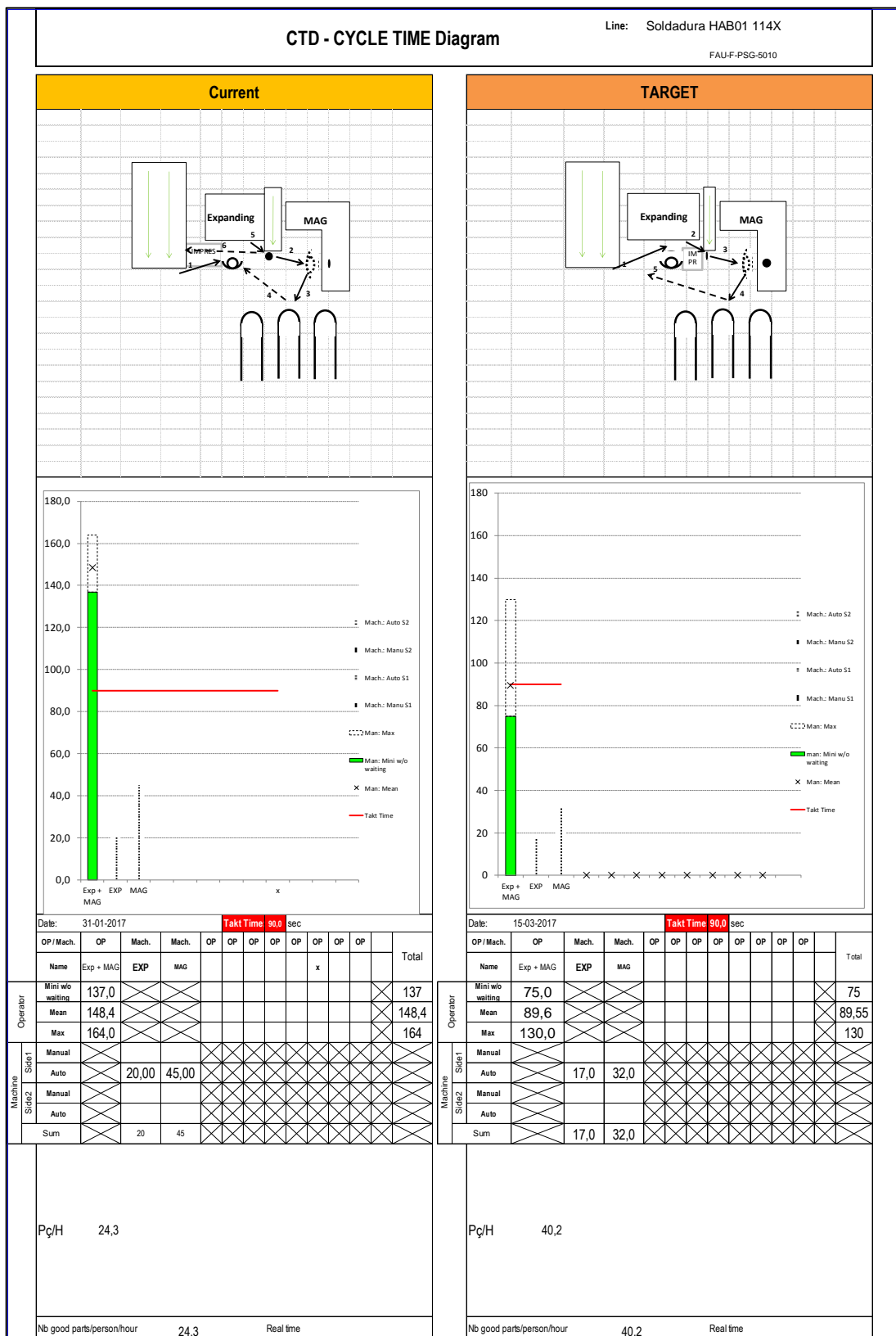
MEASUREMENT OF CYCLE TIME																											
PRODUCT: AF HAB01 - 1716113X; 1716114X														OPERATOR N°:							LINE SETUP:						
PROCESS: Montagem D61.02														ANALYZED BY:													
DATE: 31-01-2016														TIME:							OPERATOR'S NAME:						
N°	ELEMENTARY OPERATIONS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Aver.	Min	Max	V %		
170	MP: Pegar bracket Montagem mecanismo Nano(Rodar paleta+Lubrif. Mecanismo+posicionar na estrut.)	10	9	9	11	10	13	12	12	12	11	12	12									11	9	13	44		
180	MP: Pegar parafuso Montagem mecanismo Nano(Posicion. Bracket)	6	6	7	8	6	9	7	7	7	7	6	6									7	6	9	50		
190	MP: Largar punho Montagem mecanismo Nano(Apontar 3 parafusos + dispositivo de fixação)	17	21	18	21	18	20	19	20	21	21	19	22									20	17	22	29		
200	MP: Largar batente Aparafusar mecanismo Nano assento (Aparafusar 2 parafuso + retirar batente)	13	12	13	12	11	14	12	10	13	13	12	12									12	10	14	40		
200	MP: Pegar dispositivo Aparafusar mecanismo Nano assento (Aparafusar 1 parafusos)	7	7	5	6	6	7	5	5	6	5	6	5									6	5	7	40		
210	MP: Largar dispositivo Recolher dispositivo de fixação de mecanismo+ rodar paleta	4	3	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3									4	3	4	33		
215	MP: Largar aparafusadora Aparafusar motor tilt no assento	8	7	7	8	6	8	8	8	7	8	7	7									7	6	8	33		
225	MP: Larga a barra Montar manualmente a barra de torção	6	5	5	5	6	6	5	6	5	6	6	4									5	4	6	50		
235	MP: Larga suportes de plástico Inserção dos dois suportes de plástico	6	6	7	6	6	5	6	6	6	7	6	7									6	5	7	40		
220	MP: Avançar paleta Passagem de paleta ao posto seguinte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									1	1	1	0		
		Tempos com barra + suportes																					####	0	0	####	
CYCLE TIME (CT)		78,0	77,0	76,0	82,0	73,0	87,0	79,0	79,0	82,0	82,0	78,0	79,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	79,3	<div></div>	87,0	19,18%		
CT WITHOUT WAITING																						<div></div>	73,0	<div></div>			
OBSERVATIONS												d															
a	Troca caixa cj mec 629X (36 un/cx)											e															
b												f															
c												g															

MEASUREMENT OF CYCLE TIME																																									
PRODUCT: AF HAB01 - 1716113X; 1716114X														OPERATOR N°:																											
PROCESS: Montagem D61.03														ANALYZED BY:																											
DATE: 31-01-2016														OPERATOR'S NAME:																											
TIME:														LINE SETUP:																											
	ELEMENTARY OPERATIONS													1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Aver.	Min	Max	V %				
220	MF. Largasuportes de plastico																																								
	Montar 2 suportes plásticos no tubo frontal																																								
225	MF. Larga a barra																																								
	Montar manualmente a barra de torção																																								
230	MP. Larga dispositivo													12	15	12	14	14	14	15	12	15	14	13	12								14	12	15	25					
	Inserção dispositivo barra torção																																								
235	MP. Larga spray													4	4	6	4	4	5	6	5	4	4	5	4								5	4	6	50					
	Preparação coquilha (feutrine+ spray) + Deslocação (5)																																								
240	MP. Último casquilho													10	12	13	11	12	12	11	10	11	12	11	11									11	10	13	30				
	Montar casquilhos na coquilha																																								
250	MP. Último parafuso													14	14	12	15	10	12	10	12	15	14	12	11									12	10	15	50				
	Pixação coquilha (Apontar parafusos)																																								
260	MP. Larga aparafusadora													11	12	13	14	13	13	12	10	13	13	12	11										12	10	14	40			
	Aparafusar coquilha à estrutura MAG																																								
270	MP. Toca na rebitadora													7	10	9	8	9	9	9	9	10	8	9	8										9	8	10	25			
	Montagem de 2 rebites e 2 colares																																								
280	MP. Larga rebitadora													10	9	9	10	9	9	8	8	9	9	10	9										9	8	10	25			
	Rebitagem dos rebites																																								
285	MP. Acciona palonier p teste													5	5	4	3	5	5	4	4	5	4	5	4										4	3	5	67			
	Montagem palonier																																								
290	MP. Fixar assento													5	5	4	4	4	4	4	5	4	4	3	4										4	3	5	67			
	Accionar palonier (Teste deslizamento)																																								
300	MP. Larga pistola													3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	4	4										3	3	4	33			
	Impressão de etiqueta e leitura de etiqueta de produto final																																								
310	MP. Atravessa barreira													6	6	5	5	5	5	6	4	5	6	6	5											5	4	6	50		
	Retirar o assento e passar ao posto seguinte + deslocação																																								
320	MP. Mão toca Start													3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2											2	2	3	50		
	Montagem do assento na ferramenta																																								
	MP. Regressa ao D61-3													4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4											4	4	5	25		
	START e regressar ao posto D61.3 (Deslocação)																																								
	93,25													Tempos de D61.3 com spray (sem barra + suportes)																											
</																																									

MEASUREMENT OF CYCLE TIME																																				
PRODUCT: AF HAB01 - 1716113X; 1716114X										OPERATOR N°:										LINE SETUP:																
PROCESS: Soldadura coquilha D62										ANALYZED BY:																										
DATE: 31-01-2016										TIME:										OPERATOR'S NAME:																
Nº	ELEMENTARY OPERATIONS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Aver.	Min	Max	V %											
10	MP: Tocar no arame c a mão	76	73	82	87	83	81	83	81													81	73	87	19											
	Posicionar coquilha na ferramenta																																			
20	MP: Tocar arame dir																																			
	Posicionar arame central + fechar grampo																																			
30	MP: Pegar na tocha																																			
	Posicionar arme esq + dir + fechar grampo																																			
40	MP: Parar de soldar																																			
	Soldar arame central																																			
50	MP: Iniciar soldadura																																			
	Subir ferramenta																																			
55	MP: Parar de soldar																																			
	Soldar lado dir																																			
60	MP: Iniciar soldadura																																			
	Rodar ferramenta																																			
70	MP: Largar tocha																																			
	Soldar lado esq																																			
75	MP: Pegar Scj.																																			
	Baixar ferramenta e abrir grampos																																			
80	MP: Terminar controlo																																			
	Retirar 1º coquilha + controlar + colocar no suporte																																			
	MP:																																			
	Repetir ciclo (2º coquilha)	77	71	79	81	72	76	80	78													77	71	81	14											
	MP:																																			
	Repetir ciclo (3º coquilha)	71	72	74	76	72	77	79	71													74	71	79	11											
	MP:																																			
	Repetir ciclo (4º coquilha)	73	76	73	71	75	73	70	74													73	70	76	9											
	MP:																																			
	Repetir ciclo (5º coquilha)	78	76	81	79	82	78	73	76													78	73	82	12											
	Colar feutrine na 1º coquilha + perder ao gancho	29	32	34	32	28	32	30	29													31	28	34	21											
	Colar feutrine na 2º coquilha + perder ao gancho	17	19	18	20	17	21	18	19													19	17	21	24											
	Colar feutrine na 3º coquilha + perder ao gancho	22	20	18	19	21	19	17	17													19	17	22	29											
	Colar feutrine na 4º coquilha + perder ao gancho	18	20	20	22	18	19	18	17													19	17	22	29											
	MP:																																			
	Colar feutrine na 5º coquilha + perder ao gancho	25	31	29	23	26	25	21	31													26	21	31	48											
CYCLE TIME (CT)		97,2	98,0	101,6	102,0	98,8	100,2	97,8	98,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,3	<div><div></div><div></div></div>	102,0	4,94%											
CT WITHOUT WAITING																						<div><div></div><div></div></div>	97,2	<div><div></div><div></div></div>												
OBSERVATIONS												d																								
a												e																								
b												f																								
c												g																								

MEASUREMENT OF CYCLE TIME																																									
PRODUCT: AF HAB01 - 1716113X; 1716114X														OPERATOR Nº:																											
PROCESS: Montagem Insp. Final + Contentorização														ANALYZED BY:																											
DATE: 31-01-2016														OPERATOR'S NAME:																											
TIME:														LINE SETUP:																											
ELEMENTARY OPERATIONS														1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Aver.	Min	Max	V %				
MP: Larga botoneira														8	7	7	6	7	7	10	7	8																			
Colar etiqueta e accionar botoneira														8	7	7	6	7	7	10	7	8																			
MP: Larga botoneira														6	3	5	4	5	5	6	4	6																			
Ler etiqueta e accionar botoneira														6	3	5	4	5	5	6	4	6																			
MP: Pousa Assento														5	3	3	4	3	8	5	5	4																			
Retirar Assento da máquina														5	3	3	4	3	8	5	5	4																			
MP: Pousa Assento														1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Retirar proximo Assento do Cupping e coloca-o no Controlo Pwr														1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
10	MP: LOCKBOLT (ponto inspecção n1 da peça padrão)																																								
30	MP: LOCKBOLT (ponto inspecção n3 da peça padrão)																																								
20	MP: LOCKBOLT ANTEPARA COM TRAVESSA FRONTAL (ponto inspecção n2 da peça padrão)																																								
40	MP: LOCKBOLT (ponto inspecção n4 da peça padrão)																																								
50	MP: LOCKBOLT ANTEPARA COM TRAVESSA FRONTAL (ponto inspecção n5 da peça padrão)																																								
60	MP: LOCKBOLT (ponto inspecção n6 da peça padrão)														40	49	38	46	46	37	43	39	41																		
70	MP: INSERÇÃO BARRA TORÇÃO LADO INTERNO (posto de inspecção n7 da peça padrão)																																								
80	MP: BARRA TORCAO + CASQUILHO DE PLASTICO (ponto de inspecção n8 da peça padrão)																																								
90	MP: CORDAO SOLDADURA Nº00A PARAFUSO DO MECANISMO DE REGULAÇÃO EM ALTURA (ponto de inspecção n9 peça padrão)																																								
92	MP: (ponto de inspecção n9 peça padrão)																																								
94	MP: Controlo montagem paloier														6	7	8	7	7	5	7	6	7																		
96	MP Larga marcador														4	3	4	4	4	3	5	3	3																		
440	MP: Colocar pinta na etiqueta e leitura de etiqueta de produto final														4	3	4	4	4	3	5	3	3																		
	MP: Regressa ao posto														7	6	6	5	4	6	5	5	6																		
	Contentorizar o assento e regressar ao posto														7	6	6	5	4	6	5	5	6																		

V. TEMPOS DA SOLDADURA APÓS A 1ª ITERAÇÃO



MEASUREMENT OF CYCLE TIME

PRODUCT: HAB01 Soldadura P8 Isofix 114X

PROCESS: Expanding + MAG

DATE: 15-03-2017

TIME: 14:40

OPERATOR N°:

ANALYZED BY:

OPERATOR'S NAME:

LINE SETUP:

RUN 31-01-2017

[illegible]